



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

**Fakulteten för veterinärmedicin
och husdjursvetenskap**
Institutionen för Kliniska vetenskaper

Rörelseasymmetrier hos väl fungerande ridhästar- smärtutlösta eller ej?

Siri Morén

*Uppsala
2015*

Examensarbete 30 hp inom veterinärprogrammet

*ISSN 1652-8697
Examensarbete 2015:1*

Rörelseasymmetrier hos väl fungerande ridhästar- smärtutlösta eller ej?

Movement asymmetries in well functioning riding horses- pain related or not?

Siri Morén

Handledare: Marie Rhodin, Institutionen för Kliniska vetenskaper

Biträdande handledare: Karin Holm Forsström, Institutionen för Kliniska vetenskaper

Examinator: Pia Haubro Andersen, Institutionen för Kliniska vetenskaper

Examensarbete i veterinärmedicin

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: Avancerad nivå, A2E

Kurskod: EX0736

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2015

Delnummer i serie: Examensarbete 2015:1

ISSN: 1652-8697

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Rörelseasymmetrier, hälta, hästar, meloxicam, smärta

Key words: Movement asymmetries, lameness, horses, meloxicam, pain

Sveriges lantbruksuniversitet

Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Institutionen för Kliniska vetenskaper

SAMMANFATTNING

I tidigare vetenskapliga studier har man funnit att en stor andel hästar som tränas, tävlas och anses fullt friska av sina ägare och ryttare vid mätning med det objektiva rörelsesystemet Lameness Locator har rörelsestörningar av samma storleksgrad som många hästar som utreds på klinik för lindrig hälta. I vilken utsträckning dessa asymmetrier är smärtutlösta eller ej har inte studerats. Syftet med denna studie är att försöka kartlägga hur svenska ridhästars rörelsemönster i trav förändrar sig på ett mjukt respektive hårt underlag, samt hur de eventuella asymmetrier som hästen uppvisar responderar på smärtlindring med NSAID-substansen meloxicam. Hästar med asymmetrier över Lameness Locators gränsvärde på mjukt underlag, rakt spår före behandling med meloxicam inkluderades i studien. Sammanlagt ingick data från 30 hästar i studieresultatet. Rörelsesymmetrier har mätts på alla hästarna före och efter fyra dagars behandling med meloxicam respektive placebo vid två olika tillfällen. Hästarna har därför fungerat som sina egna kontroller i en cross over-studie. Resultaten visar att hästarna efter meloxicam-behandling fick signifikant minskade asymmetrier för bakbensasymmetrier men inte för frambensasymmetrier. Detta skulle kunna indikera att bakbensasymmetrierna, till en högre grad än frambenens asymmetrier, är inflammatoriskt orsakade. Jämförelse mellan mjukt och hårt underlag från hästarnas första mätning visade på en ökad grad av asymmetri på mjukt underlag, något som bör tolkas med försiktighet avseende hur hästarna valdes ut.

SUMMARY

Previous work on the subject has shown that many horses in full work, judged by owners and riders as completely sound, have movement asymmetries above the threshold for lameness according to the objective motion analysis system Lameness Locator®. In many cases, these asymmetries were of the same degree as asymmetries of horses examined for clinical lameness. To what extent these asymmetries are due to pain has not previously been investigated. The purpose of this study was to investigate changes in the symmetry of the gait of Swedish riding horses when trotted on soft and hard surfaces respectively, and to determine if asymmetry is affected by systemic treatment with the analgesic and antiinflammatory drug meloxicam. Horses trotting on a soft surface with gait asymmetries above the Lameness Locator-threshold for lameness were included in the study. All horses were measured with the Lameness Locator before and after a four day per oral treatment with meloxicam (0.6 mg/kg, q 24) and per oral placebo (sugarwater, q 24) respectively, with 14 days wash out period. All of the included horses thereby acted as their own controls. Results from 30 horses are presented here. The results showed an increased symmetry after treatment with meloxicam in horses with hindlimb asymmetries but not in horses with forelimb asymmetries. This could indicate that hindlimb asymmetries in this study- to a higher extent- were due to inflammatory pain compared to forelimb asymmetries. The movement of horses were also more asymmetric on soft surfaces than on hard surfaces. These results should however be interpreted cautiously because no diagnosis of lameness were obtained and because the horses were selected for the study according to the degree of movement asymmetrie on soft surfaces.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INLEDNING	1
SYFTE.....	2
LITTERATURÖVERSIKT.....	2
Tävlingshästar	2
Hälta	2
Fram- eller bakbenshälta	3
Hältor på flera ben.....	4
Smärtutlöst eller ej?.....	5
Hältutredning.....	5
Visuell bedömning	6
Objektiva mätsystem	6
För- och nackdelar med visuell bedömning och objektiva mätsystem.....	7
NSAIDs roll vid smärta och inflammation.....	8
Central smärtlindring.....	9
Meloxicam som behandling av smärtutlösta asymmetrier	9
MATERIAL OCH METODER.....	9
Utförande.....	10
Kontakt med stall	10
Inklusionsmätningen	10
Behandlingsstudien	10
Hästar	11
Utrustning.....	12
Dataanalys	13
RESULTAT	15
Jämförelse före och efter behandling	15
Skillnad mellan mjukt och hårt underlag.....	18
DISKUSSION	20
Asymmetriförekomst inom normalpopulationen	20

Resultat av behandling med meloxicam.....	21
Smärta som asymmetriorsak	21
Mekaniska asymmetriorsaker.....	24
Jämförelser mellan hårt och mjukt underlag	26
KONKLUSION.....	27
TACK.....	27
REFERENSER.....	27

INLEDNING

Hästen domesticerades för ca 5000 år sedan och fungerade initialt framför allt som färdmedel, men även som ett hjälpmedel för effektivare jordbruk. Med tiden har hästens användningsområde förändrats avsevärt och idag fungerar hästen till stor del som sporthäst inom främst galopp, trav, hoppning, dressyr och fälttävlan vilket har lett till ökade krav på hästen för den typen av prestation (Hartley Edwards, 2009).

I Sverige finns idag ungefär 360 000 hästar (HästSverige) och hästnäringen i landet omsätter direkt och indirekt ca 46 miljarder kronor (LRF konsult 2008). En stor del av dessa pengar läggs på veterinära kostnader (McKinsey & Company 2012) och man har sett att ortopediska problem är den mest frekvent förekommande hälsoproblematiken hos hästar (Penell *et al.*, 2005).

Intresset för hästen som atlet samt den förekommande skadeproblematiken har genererat en ökad mängd forskning kring hästens biomekanik för att ytterligare öka förståelsen för ortopediska skador och hur dessa ska förebyggas (Barrey, 1999). Hur en häst normalt rör sig påverkas av en mängd faktorer som t.ex. underlag (Chateau *et al.*, 2013), tempo samt om den går på rakt spår eller volt (Starke *et al.*, 2013). Smärta kan också ge ett förändrat rörelsemönster (Buchner *et al.*, 1996a, b; Kramer *et al.*, 2004; McCracken *et al.*, 2012; Rhodin *et al.*, 2013). En stor andel hästar som anses friska uppvisar rörelseasymmetrier av samma storleksordning som många hästar som utreds på klinik för en hälta (Haffling, 2012). I vilken utsträckning dessa "friska" hästar lider av en smärtproblematik är idag okänt.

En stor del av veterinärmedicinen handlar om smärtbedömning hos djur. Det är vårt ansvar som veterinärer att ge djuren adekvat smärtlindring när behov av detta finns, samtidigt som behandling när det ej behövs utsätter djuren för onödiga biverkningsrisker och kostar stora summor pengar (Valverde & Gunkel, 2005; Keegan *et al.*, 2008; Noble *et al.*, 2012). Att bedöma smärta hos djur är otroligt svårt och faller tillbaka på djurartens normala beteenden, där avvikelser från vad som anses normalt kan tolkas som tecken på smärta (Sjaastad *et al.*, 2003; Love, 2009). För att diagnostisera en rörelseasymmetri som smärtutlöst bör rörelsestörningen i idealfallet försvinna eller åtminstone minska vid lokalbedövning av en specifik struktur, och efter att bedövningens effekt släppt återkomma på likartat vis som tidigare. Optimalt kan sedan denna smärtorsak behandlas och hästens nedsatta välmående, sänkta prestation och rörelsestörning åtgärdas (Ross & Dyson, 2011).

Detta examensarbete är en del av ett större forskningsprojekt där hästar som anses friska av sina ägare/ryttare undersöks med ett objektiva mätsystem, Lameness Locator, för att se huruvida de har rörelseasymmetrier över ett visst gränsvärde samt om dessa asymmetrier förändras sig efter behandling med den smärtlindrande och antiinflammatoriska NSAID-substansen meloxicam för att vidare utreda hästars normala rörelsemönster och hur det påverkas av smärta.

SYFTE

Syftet var att studera hur symmetrin i ridhästars rörelsemönster förändrar sig med hårt respektive mjukt underlag samt hur eventuella asymmetrier förändras när hästen behandlas med antiinflammatorisk och smärtlindrande medicin.

Hypotesen är att hästar med asymmetriskt rörelsemönster kommer att bli mer symmetriska efter behandlingen. Hårt underlag kommer signifikant att öka graden av asymmetri, men individuella variationer kan förekomma där istället ett mjukt underlag kan öka graden av asymmetri.

LITTERATURÖVERSIKT

Tävlingshästar

Ända sedan hästen domesticerades har den troligtvis även använts för tävling. Många av dagens moderna tävlingsgrenar har sitt ursprung i militära tävlingsformer sedan början av 1900-talet, men sedan dess har hästsporten utvecklats mycket (Hartley Edwards, 2009). Stora krav ställs på dagens sporthästar att prestera på tävlingsbanorna men skador som påverkar detta negativt är vanligt förekommande (Barrey, 1999). Ur smitt- och djurskyddssynpunkt är det viktigt att hästar som är sjuka eller har ont inte får tävla, vilket vid tävlingar från 1,20 m vid hästhoppning eller svår klass dressyr kontrolleras av en tävlingsveterinär (SJVFS 2010:45). I klasser lägre än så faller det således framför allt på ryttarens, tränarens och arrangörernas lott att kontrollera hästens hälsostatus. Säkerheten med vilken icke utbildade personer kan bedöma detta har ifrågasatts (Anette Graf, veterinärkongressen 2013), kanske med rätta, då man bland annat sett att många hästar som anses ohalta av sina ägare och ryttare rör sig asymmetriskt (Haffling, 2012; Lundgren, 2014; Pfau *et al.*, 2014). Lindriga håltor kan dessutom vara svåra att detektera även för erfarna veterinärer (Keegan *et al.*, 2010; McCracken *et al.*, 2012) vilket sannolikt gör att bedömningen av hästens ortopediska status kan anses än mer problematisk för en lekman.

Hälta

Hälta = ett kliniskt symptom på smärta eller en mekanisk defekt som ger ett abnormalt rörelsemönster (Ross & Dyson, 2011). Keegan (2007) beskriver att hälta manifesteras av en ökad asymmetri vid rörelse av kropp och extremiteter, asymmetri i amplitud mellan höger och vänster kroppssida eller asymmetri i amplitud mellan samma fas i höger och vänster sidas stegcykel.

En stegcykel definieras som en komplett cykel av de fyra benens rörelser. Stegcykeln för varje ben delas upp i faser, belastningsfasen när hoven vidrör marken, frånskjutet innan benet ska till att lyftas och pendlingsfasen när benet är i luften (Barrey, 1999). Mitt under belastningsfasen för ett ben kommer huvudet och bäcken att ha sin lägsta punkt på den sidan, medan högsta punkten fås precis efter frånskjut, under pendlingsfasen. Symmetriska

hästar kommer att placera huvud och bäcken lika lågt, respektive högt, vid belastning och frånskjut för varje ben (Buchner *et al.*, 1996b; Kramer *et al.*, 2004; Church *et al.*, 2009).

Asymmetrier kan ses genom att hästen ändrar sitt rörelsemönster under belastningsfasen (belastningshålt), framföringsfasen (framföringshålt) eller som en kombination av dessa rörelseförändringar (blandad hålt) (Ross & Dyson, 2011). Detta ses bl.a. genom att hästar på det halta benet kan sjunka ned mindre, ha ett sämre frånskjut (May & Wyn-Jones, 1987; Buchner *et al.*, 1996b; Kramer *et al.*, 2004; Church *et al.*, 2009; Rhodin *et al.*, 2013), får en förkortad understödsfas (Clayton, 1987), alternativt en förlängd understödsfas och/eller en förkortad steglängd med en ökad stegfrekvens som följd (Clayton, 1986; Buchner *et al.*, 1995).

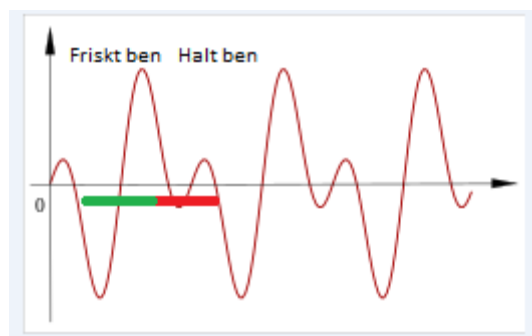
Fram- eller bakbenshålt

Frambenshåltor är generellt sett enklare att visuellt konfirmera än bakbenshåltor (May & Wyn-Jones, 1987; Ross & Dyson, 2011). Detta på grund av att huvudet och nacken är mycket mobila vilket gör att skillnader i rörelse av huvudet vid isättning av höger och vänster ben blir relativt enkla att uppfatta jämfört med skillnader i bäckenets rörelser (Buchner *et al.*, 1996 b).

Frambenshåltor detekteras främst genom att kroppens och i förlängningen nackens och huvudets rörelser minskar i vertikalplan när det halta benet är i belastningsfas. Det innebär att hästen vid isättning av det halta benet kommer att sänka huvudet mindre under belastning, samt höja det mindre vid frånskjut jämfört med det friska benet och därmed ge det karaktäristiska huvudnickandet då rörelsen av nacken vid isättning och frånskjut av det friska benet ökar (Clayton, 1986; Buchner *et al.*, 1996 b; Ross & Dyson, 2011).

Vid en bakbenshålt kommer bäckenets rörelse att ändra sig och bli mer asymmetriskt vid isättning av de olika sidornas ben. Ross & Dyson (2011) beskriver denna asymmetri som en "pelvic hike", där hela bäckenet upplevs röra sig uppåt på det halta benets sida, när det halta benet sätts i marken, liksom hela bäckenet kommer upplevas röra sig nedåt när det friska benet sätts i marken. Förutom observation av bäckenet som helhet, används ofta tuber coxae och tuber sacrales som referenspunkter för skillnader i bäckenets rörelser vid utvärdering av bakbenshålt (May & Wyn-Jones, 1987; Buchner *et al.*, 1996b; Kramer *et al.*, 2004). Vid observation av tuber sacrales ses att det halta benets sida kommer att få en mindre amplitudskillnad avseende tuber sacrales högsta respektive lägsta punkt under stegcykeln jämfört med det friska benet. Detta beror på att tuber sacrales inte kommer att sjunka ned lika mycket vid isättning samt ej höjas lika mycket vid frånskjut av det halta benet i jämförelse med det friska benet (Buchner *et al.*, 1996b; Kramer *et al.*, 2004). Tuber coxae rörelser ökar istället i amplitud på det halta benets sida. Detta upplevs många gånger enklare att observera, även för oerfarna, och har av denna anledning rekommenderats av vissa författare (May & Wyn-Jones, 1987; Church *et al.*, 2009). Tuber sacrales rörelser kan dock också rekommenderas som observationspunkt då de dels befinner sig i medianplan vilket underlättar jämförelse mellan höger och vänster sida, samt är mindre variabla i sina rörelser hos ohalta hästar jämfört med tuber coxae (Buchner *et al.*, 1996b).

Figur 1. Schematisk sinuskurva för ett friskt- respektive halt ben hos häst.



I figur 1 ses hur en fram- eller bakbenshätta kan visas genom en sinuskurva. På y-axeln ses höjdskillnaderna vid belastningsfasen och efter frånskjutet på ett friskt respektive halt ben, på x-axeln ses tidsaspekten. De första två kurvorna (markerat med grönt streck) visar det friska benet med ett maximum- och minimumvärde större och lägre än vad det halta benet uppnår (kurva 3 och 4, markerat med rött streck).

Även extremiteternas rörelser förändras vid smärta, dock är dessa skillnader mindre sensitiva för upptäckt av hätta än vad bäckenets och huvudets rörelser är (Peloso *et al.*, 1993; Buchner *et al.*, 1995; Buchner *et al.*, 1996a). Det har i olika studier påvisats minskat genomtramp (d.v.s. minskad extension) i det halta benets kotled med ett motsvarande ökat genomtramp i det bilaterala benet (Clayton, 1986; Clayton, 1987; Buchner *et al.*, 1996a), minskad retraktion av det halta frambenet, minskad protraktion av det halta bakbenet, minskad maximal höjd över marken av det halta benets hov vid bakbenshätta (Buchner *et al.*, 1996a) samt en förkortad steglängd och förlängd understödsfas vid frambenshätta (Clayton, 1986; Buchner *et al.*, 1995).

Hältor på flera ben

Hältor på flera ben samtidigt är relativt vanligt förekommande, även om asymmetrin på ett utav benen ofta ses tydligast. Hältorna på de olika benen kan uppstå till följd av helt olika lidanden, alternativt bero på en kompensatorisk hätta. Kompensatoriska hättor ses till följd av att övriga ben överbelastas på grund av avlastning från det initialt smärtande benet. De kompensatoriska hättorna är icke smärtsamma och endast orsakade av ett annorlunda rörelsemönster, men kan också efterhand bli smärtsamma (sekundär hätta) till följd av överbelastning på de övriga benen under lång tid (Keegan, 2007; Ross & Dyson, 2011). Keegan (2007) beskriver "law of sides" för kompensatoriska hättor. Han menar att vid en primär bakbenshätta i trav ses ofta en ipsilateral (samsidig) frambenshätta när man tittar på huvudrörelsen. Detta på grund av att när hästen vill avlasta det smärtsamma bakbenet så sjunker de samtidigt ner mer på det kontralaterala frambenet vilket ger en huvudnickning och utseende av en ipsilateral frambenshätta. Vid en primär frambenshätta kan dock både en kontra- och en ipsilateral bakbenshätta ses. Detta då det kontralaterala bakbenet sjunker ned mer vid belastning vilket ger utseendet av en ipsilateral hätta, samtidigt som det ipsilaterala benet har kraftigare påskjut med förhöjd tuber sacrale vilket ger utseendet av en kontralateral hätta. Även andra författare har noterat att en ipsilateral frambenshätta är mycket vanligt vid bakbenshättor, varför veterinären först bör undersöka det halta bakbenet extra noga vid

samsidiga hältor (Clayton, 1987; May & Wyn-Jones, 1987; Buchner *et al.*, 1996b; Rhodin *et al.*, 2013).

Smärtutlöst eller ej?

Ledinflammationer beskrivs ofta som den vanligaste orsaken till hälta hos hästar. Penell *et al.* (2005) noterade i sin studie av svenska hästar försäkrade i Agria att just ledinflammationer av olika slag var den vanligaste orsaken till ersättning för veterinärvård, liksom att Egenvall *et al.* (2005) såg att artrit var den vanligaste orsaken till avlivning. Inflammatorisk smärta kan i vissa fall också bli kronisk. När smärtimpulser förekommit under lång tid kan detta förändra nervbanorna, kallad perifer och central sensitisering (wind up). I dessa fall bidrar den neurogena smärtimpulsen till ett kroniskt smärttillstånd kallad för neuropatisk smärta (Love, 2009) som förefaller vara icke responsiv på de vanligaste typerna av smärtlindring (Love, 2009; Reed *et al.*, 2010; Rang *et al.*, 2012).

Det finns också neuromuskulära problem, som till exempel tuppspatt, shivering, patellaupphakning och fibrotisk myopati, där hästen kan ha ett för tillståndet typiskt rörelsemönster och smärta inte behöver vara en bidragande faktor till rörelseasymmetrin (Ross & Dyson, 2011).

Lateralitet eller oliksidighet är också något som förefaller förekomma hos hästar (Murphy *et al.*, 2005) och kan bidra till rörelseasymmetrier som inte tros vara smärtutlösta (Drevemo *et al.*, 1987).

Hältutredning

Tillvägagångssättet för att undersöka och utreda hältar hos hästar är i grunden förhållandevis oförändrat sett ur ett historiskt perspektiv, även om framför allt bilddiagnostisk utvärdering och behandlingsalternativ för många tillstånd har förfinats med åren.

I en komplett hältutredning bör anamnes, observation av hästens konformation, palpation, observation av hästen i rörelse (på rakt spår, vid longering samt ibland under ryttare eller framför kusk), manipulation (böjprov, manipulation av hoven), diagnostiska analgesier samt eventuellt neurologisk utredning ingå. Bilddiagnostik av olika slag kan vara ett komplement för att diagnostisera hältans ursprung och dess allvarlighetsgrad. Det allra viktigaste är att utvärdera grundhältan/hältorna, före manipulationer utförs.

Hästarna bör optimalt sett undersökas i både skritt och trav. Trav anses dock vara bäst för utredning av asymmetrier då det är en symmetrisk gångart vilket ger möjlighet att jämföra skillnader mellan hästens olika benpar (Weishaupt *et al.*, 2004; Ross & Dyson, 2011). Detta kan vara en fördel speciellt med tanke på den stora normalvariation i rörelse mellan olika hästar som även friska individer uppvisar (Weishaupt *et al.*, 2004; Thomsen *et al.*, 2010).

Att göra rörelseundersökning på olika typer av underlag kan vara att föredra, då det mjuka respektive hårda underlaget har föreslagits förstärka hältor komna av olika ursprung i

rörelseapparaten. Ett hårt underlag, t.ex. betong eller asfalt, anses många gånger vara bra då det dessutom förstärker milda hältor. Försiktighet bör dock iakttas så att inte lindriga asymmetrier på det hårda underlaget övertolkas då detta är ett underlag som få hästar normalt sett tränas på (Ross & Dyson, 2011). Få studier är gjorda där skillnader i hästens rörelser på ett hårt respektive mjukt underlag undersöks. Chateau *et al.* (2013) visade att hästarna på ett fibersands-underlag på volt ökade tempot och därmed fick en förkortad understödsfas med en högre peakbelastning, samt att hästarna fick ett sämre frånskjut jämfört med på asfalt. Pfau *et al.* (2014) har också tittat på hur hästar rör sig på olika typer av underlag vid longering och de kom fram till att en högre belastning på extremiteterna fås på det hårda underlaget vilket kan förklara varför lindriga hältor förstärktes mer av detta ytskikt. De såg också att hästar som var ohalta inte påverkades signifikant av att röra sig på hårt eller mjukt underlag, men att det fanns en stor variation mellan hur olika hästar rörde sig generellt vilket tyder på en individuell skillnad i förmågan att anpassa sina rörelser efter olika material. Barrey *et al.* (1991) undersökte sju hästars hovinteraktion med flera olika underlag och såg att på asfalt hade hästarna den kortaste understödsfasen med högsta peakbelastning som följd jämfört med olika typer av mjuka underlag. Dessa mjukare alternativ av underlag gav dessutom ett mycket varierande resultat avseende hovens interaktion mot marken vilket indikerar att underlaget till stor del kan påverka hästens biomekanik. Även Weishaupt *et al.* (2004) såg att hästarna tog kortare steg på asfalt jämfört med på ett gummiunderlag. Dessa skillnader i steglängd och hastigheter är viktiga att ta med i bedömningen då bl.a. Starke *et al.* (2013) sett att en högre hastighet ger större svårigheter att bedöma lindriga hältor.

Visuell bedömning

Det vanligaste i klinisk verksamhet är att hästen under en hältutredning eller annan bedömning kontrolleras visuellt och att en eventuell hälta sedan graderas enligt en viss skala. Att gradera hältan är viktigt för att kunna göra korrekt bedömning av eventuella förändringar i hästens tillstånd. Ett vanligt hältgraderingssystem att använda är det som American Association of Equine Practitioners (AAEP) tagit fram där hästen bedöms från hältgrad 0 (frisk) till 5 (icke vikt bärande), men det finns också system med 10 graderingssteg (Ross & Dyson, 2011).

Objektiva mätsystem

Objektiva mätsystem har tagits fram som ett hjälpmedel för att i forskningssyfte lära sig mer om hästars biomekanik vilket på så vis ger bättre förståelse och hjälp i förebyggande av problem med hästens rörelseapparat (Barrey, 1999). Det finns även ett intresse av att i klinisk verksamhet kunna bedöma hästars rörelser utan det inslag av tyckande som är svårt att komma ifrån vid ortopediska utredningar av hästar, både vid initial bedömning och vid uppföljning, för att se om förbättring faktiskt föreligger (Keegan, 2007; Back *et al.*, 2009; Halling Thomsen *et al.*, 2010) samt för att enklare upptäcka låggradiga hältor (Keegan *et al.*, 2010; McCracken *et al.*, 2012).

Hur man objektivt mäter hästar biomekaniskt kan delas in i kinetiska och kinematiska mätmetoder. Kinetiken mäter och beskriver de krafter som påverkar hästen medan kinematiken mer är deskriptiv för själva rörelsen som hästen utför. Den kinetiska mätmetod som idag används allra mest är en stationär kraftplatta där häla på ett ben ses som en minskad kraft mot plattan vid islag (Barrey, 1999; Keegan, 2007). Denna metod har beskrivits som gold standard för upptäckt och utvärdering av allvarlighetsgrad vid häla hos hästar då den har hög sensitivitet och specificitet för detta (Keegan *et al.*, 2011), trots dess nackdelar med tidskrävande datainsamling, känslighet för vridmomentets krafter under steget och det faktum att det troligtvis finns hältillstånd där smärtan varierar i allvarlighetsgrad mellan olika steg (Keegan, 2007). Det finns idag även möjlighet att göra kraftmätning på rullband i Zürich, vilket blir mer tidseffektivt och förenklar datainsamlingen, men användandet blir fortfarande begränsat till forskning (Weishaupt *et al.*, 2004). Avseende kinematiken så finns det otaliga parametrar att undersöka för detektion av asymmetrier och häla hos hästar. De vanligaste idag är dock förändring i vertikal amplitud hos huvud och bäcken samt förändringar i steglängd och extremiteternas rörelsemönster. Detta undersöks vanligen med hjälp av kamerainspelning av hästar i rörelse med markeringar på utvalda ställen på kroppen, eller med hjälp av sensorer som känner av höjdskillnader på hästens kropp vid isättning av höger respektive vänster ben (Drevemo *et al.*, 1993; Buchner *et al.*, 1996b; Barrey, 1999; Keegan *et al.*, 2004; Keegan, 2007; Halling Thomsen *et al.*, 2010; McCracken *et al.*, 2012).

För- och nackdelar med visuell bedömning och objektiva mätsystem

Att subjektivt bedöma hästars rörelse och graden av asymmetri eller häla är svårt och en god bedömning kräver erfarenhet (Arkell *et al.*, 2006). Oavsett veterinärens erfarenhet är bedömningen av hältgrad, och till och med vilket ben som hästen är halt eller mest halt på, väldigt varierande beroende på vem det är som bedömer hästen (Hewetson *et al.*, 2006; Keegan *et al.*, 2010; Keegan *et al.*, 2013) även om en kraftig häla ger en högre samstämmighet veterinärer emellan (Keegan *et al.*, 2010). Den bedömning som görs påverkas ofta av bias såsom vid vetskap om, eller en tro på, att bedövning/-ar har lagts eller att smärtlindring har givits (Arkell *et al.*, 2006; Back *et al.*, 2009). Dessutom kan människans öga endast registrera visuell information i en frekvens av ca 60 Hz vilket är betydligt lägre jämfört med många av dagens objektiva mätmetoder som samlar in data i en frekvens av 200-300 Hz (Buchner *et al.*, 1996 a, b; Halling Thomsen *et al.*, 2010; Keegan *et al.*, 2010; McCracken *et al.*, 2012; Olsen *et al.*, 2013; Wolfcrow). Det skulle kunna förklara varför veterinärer vid en visuell bedömning upptäcker hältor först när de nått en högre allvarlighetsgrad än vad ett objektivt sensorsystem kan göra (McCracken *et al.*, 2012). Sammantaget ger detta anledningar till att använda objektiva mätmetoder för att få reproducerbara forskningsresultat, samt som en hjälp för att göra korrekta kliniska bedömningar (Drevemo *et al.*, 1993; Barrey, 1999; Kramer *et al.*, 2004; Hewetson *et al.*, 2006; Keegan *et al.*, 2010; McCracken *et al.*, 2012; Keegan *et al.*, 2013).

Att använda objektiva mätsystem kan dock många gånger vara tidskrävande och dyrt. De är dessutom oftast endast utprovade och validerade för rakt spår, svårigheten att bedöma en bilateral häla på ett tillfredsställande sätt med dessa metoder har diskuterats samt att de inte

ger någon förklaring till rörelsestörningens orsak, och de bör därför ses som ett komplement till snarare än en ersättning för god klinisk undersökning (Drevemo *et al.*, 1993; Buchner *et al.*, 1996a, b; Barrey, 1999; Kramer *et al.*, 2004; Keegan, 2007; Keegan *et al.*, 2011; McCracken *et al.*, 2012). Mycket arbete har lagts ned för att få fram mer lättillgängliga metoder som även enkelt kan användas utanför hältlaboratorier och därmed i det kliniska arbetet (Keegan *et al.*, 2004; Kramer *et al.*, 2004; Halling Thomsen *et al.*, 2010; Keegan *et al.*, 2011; McCracken *et al.*, 2012; Olsen *et al.*, 2013). Internationellt sett används objektiva mätmetoder allt mer i klinisk verksamhet, men majoriteten av hältbedömningarna görs fortfarande visuellt (Marie Rhodin, personlig kontakt 2014-12-08).

NSAIDs roll vid smärta och inflammation

Non steroidala anti-inflammatoriska läkemedel (NSAIDs) är en av de vanligaste läkemedelsgrupperna att använda mot inflammation och inflammatoriskt orsakad smärta hos hästar, likväl som hos andra djurslag (Warner & Mitchell, 2004; Foreman *et al.*, 2008; Back *et al.*, 2009; Love, 2009; de Grauw *et al.*, 2009b; Läkemedelsverket 2010; Rang *et al.*, 2012).

Inflammation skapas och vidmakthålls till stor del av prostaglandiner (PG) som bildas från arakidonsyra vid aktivering av COX-enzym. PG bidrar till inflammation och smärta genom att fungera som vasodilatorer med ett ökat blodflöde till den skadade vävnaden samt genom att sensitisera smärtreceptorer (nociceptorer) för smärtframkallande mediatorer som bradykinin och substans P. PG har alltså ingen egen smärtframkallande effekt (Rang *et al.*, 2012) men bidrar till ovanstående fenomen i inflammerad vävnad, vilket kallas hyperalgesi (Svensson & Yaksh, 2002).

De två isoformerna av COX som vanligtvis beskrivs är COX-1 och COX-2. COX-1 finns i riklig mängd i kroppens vävnader medan COX-2 till största delen induceras av inflammatoriska stimuli eller då celler skadas. Detta gör att man slutit sig till att COX-1 är viktig för kroppens homesostas och att de flesta biverkningar (oftast gastrointestinala eller njurrelaterade) beror på hämning av detta enzym, medan COX-2 till största delen bidrar till inflammation och smärta (Svensson & Yaksh, 2002; Warner & Mitchell, 2004; Rang *et al.*, 2012). I en studie av Chen *et al.* (2008) såg man dock att möss som saknar COX-1 ej kunde utveckla inflammatorisk sjukdom till skillnad från möss som saknade COX-2, vilket tyder på att de olika enzymernas roll för inflammation är mycket komplex.

Vanligtvis hämmas både COX-1 och COX-2 av NSAIDs men i varierande utsträckning. För att minska förekomsten av biverkningar har det tagits fram NSAIDs med hög selektivitet för COX-2 (Warner & Mitchell, 2004; Rang *et al.*, 2012), där frågan om dessa selektiva NSAIDs har en lägre antiinflammatorisk effekt istället kommer på tal (Warner & Mitchell, 2004). Khan *et al.* (2002) visade i en human studie att den selektiva COX-2 hämmaren celecoxib var något mindre potent än en oselektiv NSAID, men ansåg att den minskade biverkningsrisken kan uppväga för den nackdelen. Beretta *et al.* (2005) visade dock i en in vitro studie med hästblod att mängden prostaglandiner och tromboxaner minskade i samma utsträckning även för mer COX-2 selektiva substanser.

Central smärtlindring

NSAIDs fungerar till största delen genom att hämma COX-enzymerna lokalt, men de har också en central, mindre väl beskriven smärtlindrande effekt (Malmberg & Yaksh, 1992). Som tidigare nämnts utvecklas hyperalgesi vid inflammation, detta sker inte bara lokalt/perifert utan även centralt och åtminstone en del av denna effekt kan tillskrivas ökad prostaglandinproduktion i centrala nervsystemet (CNS) (Svensson & Yaksh, 2002). I CNS finns både COX-1 och COX-2 konstitutivt uttryckta i dorsala spinalganglion samt i dorsala hornet i ryggmärgen där afferenta signaler från vävnader inkommer (Samad *et al.*, 2001; Svensson & Yaksh, 2002) och det har också visats att framförallt COX-2 kan uppregleras i hela CNS till följd av perifer inflammation (Beiche *et al.*, 1998; Samad *et al.*, 2001; Ibuki *et al.*, 2002). Uppregleringen av transkriptionen av COX-2 i CNS till följd av perifer inflammation har två beskrivna orsaker: 1) aktivering av sensoriska neuron ger en aktivitetsberoende transkriptionsökning, eller 2) ökning av humorala faktorer, d.v.s. ökad mängd cirkulerande leukocyter i blodomloppet med produktion och frisättning av pro-inflammatoriska mediatorer (Samad *et al.*, 2001; Ibuki *et al.*, 2003).

Den ökade mängden COX-zymer resulterar i en ökad mängd prostaglandiner vilka även centralt underlättar frisättningen av smärtmediatorer (Southall *et al.*, 1998; Muth-Selbach *et al.*, 1999). Dessa påverkar i sin tur smärtreceptorer för vidare perception av smärtan i hjärnan. Det är framför allt COX-2 produkter som bidrar till den centrala hyperalgesin varför COX-2 specifika NSAIDs ger mest analgesi på central nivå (Smith *et al.*, 1998; Southall *et al.*, 1998; Muth-Selbach *et al.*, 1999; Samad *et al.*, 2001; Ibuki *et al.*, 2002).

Meloxicam som behandling av smärtutlösta asymmetrier

Det finns idag ett 50-tal olika substanser inom huvudgruppen NSAIDs (Rang *et al.*, 2012), varav flunixin meglumine, fenylobutazon, ketoprofen och meloxicam är de mest frekvent förekommande inom hästmedicinen (Valverde & Gunkel, 2005).

Att meloxicam har blivit så pass populärt beror bland annat på dess effektivitet mot smärta och inflammation, samt dess relativt breda säkerhetsmarginal (Toutain & Cester, 2004; de Grauw *et al.*, 2009b; Noble *et al.* 2012). Det är en relativt COX-2 specifik substans (Beretta *et al.*, 2005) med lägre förekomst av biverkningar jämfört med t.ex. fenylobutazon (Noble *et al.*, 2012). Det är också enkelt för djurägaren att använda meloxicam själv då den per orala beredningsformer har en nära nog total biotillgänglighet. Samma dosering (0,6 mg/kg) och doseringsintervall (q24) som vid intravenös administrering kan därmed användas och ger en jämn och säker medicinering av hästen (Toutain & Cester, 2004).

MATERIAL OCH METODER

En experimentell placebokontrollerad och blindad cross over-studie över NSAIDs effekt på privatägda, friska hästar.

Utförande

Kontakt med stall

Totalt 11 stall kontaktades runt omkring Uppsala under våren 2013 och hösten 2014. Stallen som kontaktades var relativt stora (>10 hästar) samt hade ett hårt och ett mjukt underlag på anläggningen av god kvalitet. Information om studien delgavs alla hästägarna i stallen både muntligt och skriftligt och förmedlades via personliga kontakter. Fyra av dessa stall inkluderades då hästägarna i dess stall i majoritet var intresserade av att delta i studien, samt hade hästar som var asymmetriska vid inklusionsmätningen på rakt spår.

Förutom dessa stall kontaktades även riksanläggningen Strömsholm, där flertalet av de ridskolehästar som används i utbildningen av hippologstudenter kunde inkluderas i studien.

Inklusionsmätningen

För att få inklusionsmätas skulle hästarna vara fullt igång i träning och för tävling inom dressyr, hoppning eller fälttävlan samt upplevas ohalta och väl fungerande i ridning av hästägaren/ryttaren. Endast ridhästar av halvblods- eller fullblodsras inkluderades för att undvika olika typer av rasbundna rörelseasymmetrier som kan ses hos t.ex. islandshästar och travare, samt för att underlätta jämförandet av data mellan hästarna. Hästarna fick inte ha varit behandlade med antiinflammatoriska läkemedel inom 6 månader före studien. I samband med inklusionsmätningen blev djurägaren informerad skriftligen om att de när som helst kunde avbryta sin hästs deltagande i försöket samt om karenstider för och biverkningsrisker med meloxicam. De fick fylla i ett djurägarmedgivande och ett anamnesblad med frågor om utfodring, inhysning, hästens tidigare skador och skadeförebyggande åtgärder, tränings- och tävlingshistorik samt utrustning.

Hästarna mättes i trav först på mjukt (ridhus/ridbana) och sedan på hårt underlag (grusplan/grusväg). De fick för varje underlag trava på rakt spår samt på 10-metersvolt i båda varven. Voltstorleken uppmättes med hjälp av en markering på longerlinan. Mätningarna på rakt spår skedde på en sträcka över 30-40 meter där de fick trava fram och tillbaka, vilket innebar att cirka 30 steg kunde analyseras. Voltmätningarna pågick i 30-40 sek, vilket gav ungefär 40 steg att bedöma. Dessa mätningar analyserades och hästens grad av asymmetri över gränsvärdet, 6 mm för framben, och/eller över 3 mm för bakben, fastställdes. Om asymmetri över något gränsvärde förelåg, och hästen enligt subjektiv bedömning ej ansågs vara över 1 grad halt (skala 0-5) så erbjöds djurägaren att låta sin häst vara med i behandlingsstudien. Den subjektiva bedömningen utfördes av veterinärstudenter, vid osäkerhet konsulterades handledare för arbetet.

Behandlingsstudien

De hästar som ingick i behandlingsstudien genomgick två mätomgångar där hästarna behandlades med antingen meloxicam (Inflacam, Virbac) eller placebo vid respektive

mätomgång och hästarna blev därmed sin egen kontroll i en cross over-studie. Detta innebar för varje häst mätningar vid ytterligare fyra tillfällen (före samt efter fyra dagars behandling med respektive preparat). Behandlingsmätningarna utfördes på ett likartat vis som vid inklusionsmätningen, men med tillägg av 15-metersvolt på mjukt underlag samt att alla mätningar gjordes i två olika tempon. Strävan var att göra varje mätning en gång långsamt och en gång snabbt, detta utifrån visarens subjektiva bedömning och varje hästs förutsättningar. Vilken ordning alla mätningar skulle utföras (hårt/mjukt, volt/rakt, höger/vänster) samt vilken behandling som gavs vid respektive mätomgång randomiserades för varje häst.

Behandling gavs per oralt en gång/dag i fyra dagar, med ett doseringsintervall på ca 24 h. Det var blindat för djurägare/ryttare vilken behandling hästen fick vid respektive mätomgång och därför gavs behandling av veterinärstudenter eller kontaktperson i stallet. Som placebo-preparat användes sirapsvatten. Meloxicam (Inflacam, Virbac) gavs i dosen 0,6 mg/kg kroppsvikt. I vissa fall var hästens vikt känd, i annat fall bedömde veterinärstudenter vikten subjektivt. Före mätningen efter behandling (dag fyra) fick hästarna sin behandling 1-3 timmar före rörelsmätning och 2-4 timmar före blodprovstagning.

Blodprov togs i samband med rörelsemätningarna på alla hästar före och efter varje behandlingsomgång (på dag 0 och dag fyra). Detta gjordes för att kontrollera så att ingen häst hade mätbara koncentrationer av antiinflammatoriska läkemedel i blodet vid mätningen innan behandling med meloxicam (Inflacam, Virbac) eller efter placebobehandling, samt att hästar behandlade med meloxicam (Inflacam, Virbac) hade uppnått terapeutiska plasmakoncentrationer. Blodproverna togs med vacutainer och blodprovsrören förvarades kyllda tills de centrifugerades och den separerade plasman frystes in i -80° C. Analyser av dessa blodprover har ännu ej utförts vid detta arbetes publicering.

Första mätningen efter inklusionsmätningen betecknades som 0-mätning, därefter mättes hästarna återigen på dag fyra. Före mätomgång två fick hästarna en wash out-period på minst 14 dagar, innan den nya behandlingsomgången inleddes med mätningar på dag 0 och dag fyra. Tiden mellan mätomgångarna bestämdes utifrån ridsportsförbundets karenstider för meloxicam. I vissa fall tävlade hästarna och den andra behandlingsomgången senarelades därför 1-14 dgr, så att mätning 0 omgång två skedde efter 15-18 dagar (24 dagar respektive 28 dagar för två hästar).

Under hela studieperioden ombads djurägare/ryttare att rida som vanligt. Under de två behandlingsperioderna fördes en enkel träningsdagbok, där ryttarna skrev hur hästens tränats samt hur den kändes att rida. Vissa ryttare har endast gett ett muntligt omdöme angående ridkänslan, ryttaren har då blivit ombedd att berätta om huruvida någon skillnad hos hästen kunnat kännas under respektive behandlingsperiod.

Hästar

Inklusionsmätningar genomfördes på sammanlagt 58 hästar där 36 hästar sedan kom att ingå i behandlingsstudien. Data från 25 av dessa används i detta arbete.

Även fem hästar som mätts vid ett tidigare examensarbete (Lundgren, 2014) inkluderades i dataanalyserna. Tabell 1 visar ras, disciplin, nivå och ålder för de 30 hästar vilka inkluderats i detta arbete.

Tabell 1. Ålder, ras, disciplin (hoppning, dressyr eller allround) och tävlings/träningsnivå på de hästar som var asymmetriska och inkluderades i studien

Häst nr	År	Ras	Disciplin	Tävlings/ Träningsnivå	Asymmetri
1	10	Dansk import	Dressyr	Svår	HB
2	7	SVB	Hopp	Lätt	HF
3	6	SVB	Dressyr	Lätt	HB
4	13	SVB	Hoppning	Medelsvår	HB
5	11	SVB	Allround	Lätt	HF, VB
6	6	Tyskt halvblod	Dressyr	Lätt	VB
7	7	SVB	Hoppning	Lätt	HF
8	5	SVB	Hoppning	Lätt	HF, HB
9	13	SVB	Dressyr	Lätt	VF, HB
10	16	Holländsk import	Dressyr	Lätt	VF, VB
11	3	SVB	Allround	Unghäst	HF
12	15	SVB	Dressyr	Medelsvår	VF, HB
13	12	Hannoveraner	Fälttävlan	Medelsvår	VF
14	21	SVB	Hoppning	Medelsvår	VF, VB
15	11	SVB	Dressyr	Medelsvår	HF
16	13	Hannoveraner	Hopp	Medelsvår	HF, VB
17	11	SVB	Dressyr	Lätt	HF, HB
18	11	SVB	Dressyr	Medelsvår	VF
19	5	KWPN	Hoppning	Lätt	HF, VB
20	10	SVB	Hoppning	Medelsvår	VB
21	8	SVB	Hoppning/ dressyr	Lätt	HB
22	9	SVB	Hoppning	Medelsvår	HB
23	10	SVB	Dressyr	Svår	HF, VB
24	15	SVB	Dressyr	Medelsvår	VF, HB
25	11	SVB	Dressyr	Medelsvår	HF, HB
26	9	SVB	Dressyr	Medelsvår	VF, VB
27	11	SVB	Hoppning	Lätt	VF, VB
28	8	SVB	Hoppning	Lätt	VB
29	11	SVB	Hoppning	Lätt	HF, VB
30	12	SVB	Hoppning	Medelsvår	VF, VB

Utrustning

Det objektiva rörelseanalyssystemet Lameness Locator användes för att bedöma hästarnas rörelser och grad av eventuell asymmetri i trav. Lameness Locator består av tre sensorer och en dator med ett mjukvaruprogram för analysering av insamlad rörelsedata. Signaler från

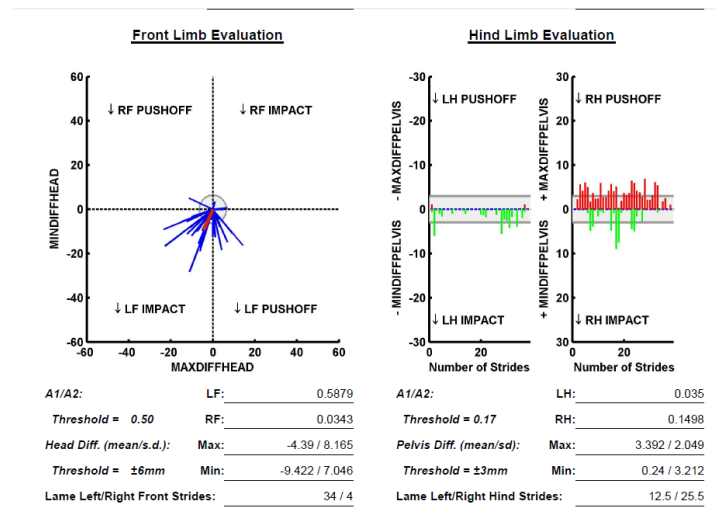
sensorerna tas emot av datorn via en bluetooth-USB adapter med >100 meters räckvidd. Sensorena placeras på huvudet, korset och dorsalt på höger kotben. Huvud- och bäckensensorn sätts båda i hästens medianplan. Huvudsensorn fästs i tränset med hjälp av en huvudhätta, kardborre och tejp, på korset fästs sensorn med hjälp av tejp mitt mellan höger och vänster sidas tuber sacrale. Frambenssensorn placeras på höger kotben genom att läggas i en neoprenhållare som fästs runt benet med kardborre (Equinosis).

Sensorerna är väger ca 30 gram/styck och är ca 2,5 x 3,5 x 4 cm stora. Sensorerna på huvudet och korset är en-axlade accelerometrar vilka mäter vertikal acceleration vid rörelse av dessa kroppsdelar, data samlas in med en frekvens på 200 Hz. Accelerationen integreras två gånger för att få fram positionsdata, vilket gör att huvudets och korssets lägsta samt högsta punkt under en stegcykel kan bestämmas (Keegan et al., 2011). Sensorn på höger framben är en gyrometer, vilken känner av när höger framben är under belastning respektive framföring. Eftersom trav är en symmetrisk, tvåtaktig gångart kan positionen på övriga ben utifrån detta räknas ut (Keegan et al., 2011).

Varje mätning filmades med videokamera (Canon FS100) för att i efterhand ha möjlighet att se hästens rörelser och korrelera hästens uppförande till mätresultatet.

Dataanalys

Lameness Locators mjukvaruprogram räknar för varje mätning ut huvudets och korssets lägsta respektive högsta punkt under varje stegcykel, samt jämför skillnaden för dessa värden vid isättning av varje ben. Den lägsta punkten står för minvärdet vilket representerar belastningen och den högsta punkten representerar maxvärdet vilket är ett mått på frånskjutet. Medelvärde och standardavvikelse på max- och minvärden räknas sedan ut för varje mätning för både fram- och bakben. Skillnaden i minimihöjd för huvudet (HDmin) och bäckenet (PDmin) samt skillnaden i maxhöjd av huvud (HDmax) och bäcken (PDmax) fås på så vis fram och beskriver om asymmetri i vertikal position av huvud och bäcken vid isättning av respektive ben finns, vilket gör att belastnings- och frånskjutsasymmetri på de olika benen kan åskådliggöras. På rakt spår räknas ett HDmax eller HDmin-värde på >6 mm som asymmetri för frambenen och ett PDmax eller PDmin-värde på >3 mm räknas som asymmetri för bakbenen. Är minvärdet negativt innebär det en vänstersidig asymmetri, positiva minvärden tvärtom. Negativa maxvärden är alltid synonymt med en vänstersidig asymmetri för bakbenen, men kan för framben även innebära en högersidig påskjutshälta. För att de max- och minvärden som registrerats och räknats ut för en mätning av en halt häst ska anses pålitliga ska standardavvikelsens värde vara lägre än det uppmätta värdet. Hög standardavvikelse fås exempelvis om hästen kastar med huvudet eller hoppar till, vilket ger "steg" som alltså inte är representativa för hästens asymmetri. Standardavvikelsen kan i viss mån minskas, framför allt genom att avlägsna icke representativa steg för frambenen (Equinosis).



Figur 2.

I figur 2 visas ett digram från en häst med en vänstersidig frambensasymmetri mätt med Lameness Locator. I den vänstra rutan ses frambenssteg och dess mätvärden, där Minvärdet är det som överstiger Lameness Locators gränsvärde för asymmetri. Varje blått streck motsvarar asymmetrin för ett frambenssteg och det röda strecket är en vektor som anger medelvärde för riktning och längd för övriga steg. I den högra rutan ses motsvarande graf för bakbenen, här visas gröna streck som asymmetrin vid belastning och de röda strecken som asymmetrin vid frånskjutet. Streckens längd är proportionella mot graden av asymmetri mellan höger och vänster sida för den stegcykeln. Streckens riktning anger vilket ben som uppvisar en asymmetri och under vilken del i stegcykeln (belastning eller frånskjut).

Alla hästars data har analyserats och antalet steg, max- och minvärden samt dessa värden standardavvikelse har förts in i Excelark för varje mätning. Jämförelser har gjorts för huruvida det föreligger en skillnad i hästarnas asymmetrier i trav före och efter behandling med NSAID eller placebo på rakt spår, mjukt underlag, samt hur hästarnas asymmetrier förändrades vid trav på hårt underlag jämfört med mjukt underlag på nollmätningen. För varje häst har det min- eller maxvärde (Hdmin eller Hdmax, Pdmin eller Pdmax) för fram- och/eller bakben som varit högst över gränsvärdet för asymmetri vid nollmätningen använts genomgående för jämförelse mellan alla mätomgångar. Har hästen haft både en fram- och en bakbensasymmetri har hästen räknats in i analyserna för båda dessa parametrar. 30 hästar har därmed resulterat i 24 stycken bakbensasymmetriska och 22 stycken frambensasymmetriska värden som kunnat användas i analyserna. Om hästens asymmetri bytt ben någon omgång av mätningarna efter nollmätningen har den nya sidans ben fått värdet noll i analyserna. Data från mätningarna i långsamt tempo har i största möjliga mån använts till statistiken, men har mätningen i snabbt tempo varit jämnare eller haft en lägre standardavvikelse har dessa använts.

Som jämförande parameter har alla hästars medelvärde före och efter respektive behandling räknats ut, och den statistiska signifikansen för skillnaden har kontrollerats med ett parat T-test. För varje mätning har absolutvärdet använts och därmed har ingen hänsyn tagits till vilken sidas ben som varit asymmetriskt. Median, standardavvikelse samt högsta respektive lägsta värdet före och efter behandlingarna har också beräknats.

För att ett parat T-test ska kunna användas ska data vara normalfördelad vilket kan antas då försökspopulationen är n=30. I dessa data har normalfördelningen endast bedömts genom att jämföra medelvärde och median vilket avspeglar datas skevhet.

Alla beräkningar har gjorts i Microsoft Excel 2007.

RESULTAT

Av de totalt 58 hästar som mättes i stallen omkring Uppsala och på Strömsholm har 33 hästar exkluderats; 25 var symmetriska enligt mätsystemets gränsvärden, tre uppvisade för grava asymmetrier, tre hästar hade tävlingsscheman som ej gick att kombinera med karenstiderna och p.g.a. tekniska problem kunde data från två hästar ej användas. Tillsammans med data från de fem hästar som insamlades förra hösten av Lundgren (2014) så har därmed totalt 30 hästars rakt spår-mätningar använts. Fördelningen på fram-, bak respektive fram- och bakbenshälor hos dessa 30 hästar framgår av tabell 2.

Tabell 2. Fördelningen av asymmetrierna i försökspopulationen. n=30

Typ av asymmetri	Antal	Andel %
Frambensasymmetri	6	20
Bakbensasymmetri	8	27
Bak- +frambensasymmetri	16	53

Fördelningen av ipsi- och kontralateral asymmetri hos de 16 hästarna med både fram-och bakbensasymmetrier ses i tabell 3.

Tabell 3. Fördelningen av ipsilateral och kontralateral hälor hos de fram- och bakbenshalta hästarna, n=16

Typ av kombinerad asymmetri	Antal	Andel %
Ipsilateral asymmetri	9	56,2
Kontralateral asymmetri	7	43,8

Jämförelse före och efter behandling

De ipsi- och kontralateralt asymmetriska hästarnas förbättring ses i tabell 4 och 5. Andelen är uträknad från den totala andelen av fram- och bakbenshalta hästar (n=16).

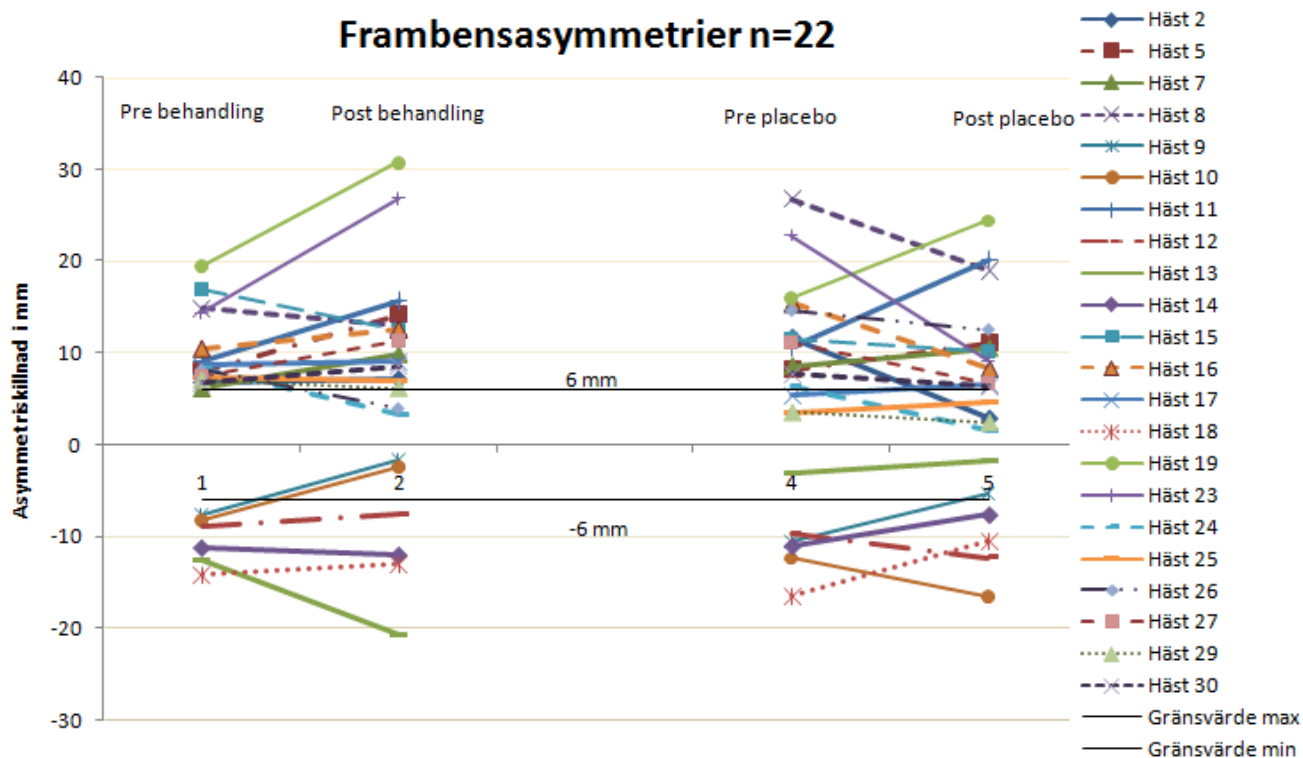
Tabell 4. Förbättring efter behandling hos de ipsilateralt halta hästarna, n=9. Andel förbättrade hästar inom respektive grupp anges i %

Minskning av asymmetri, ipsilateralt	Antal	Andel %
Fram	0	0
Bak	4	25
Fram och bak	5	31,25
Ingen förbättring	0	0

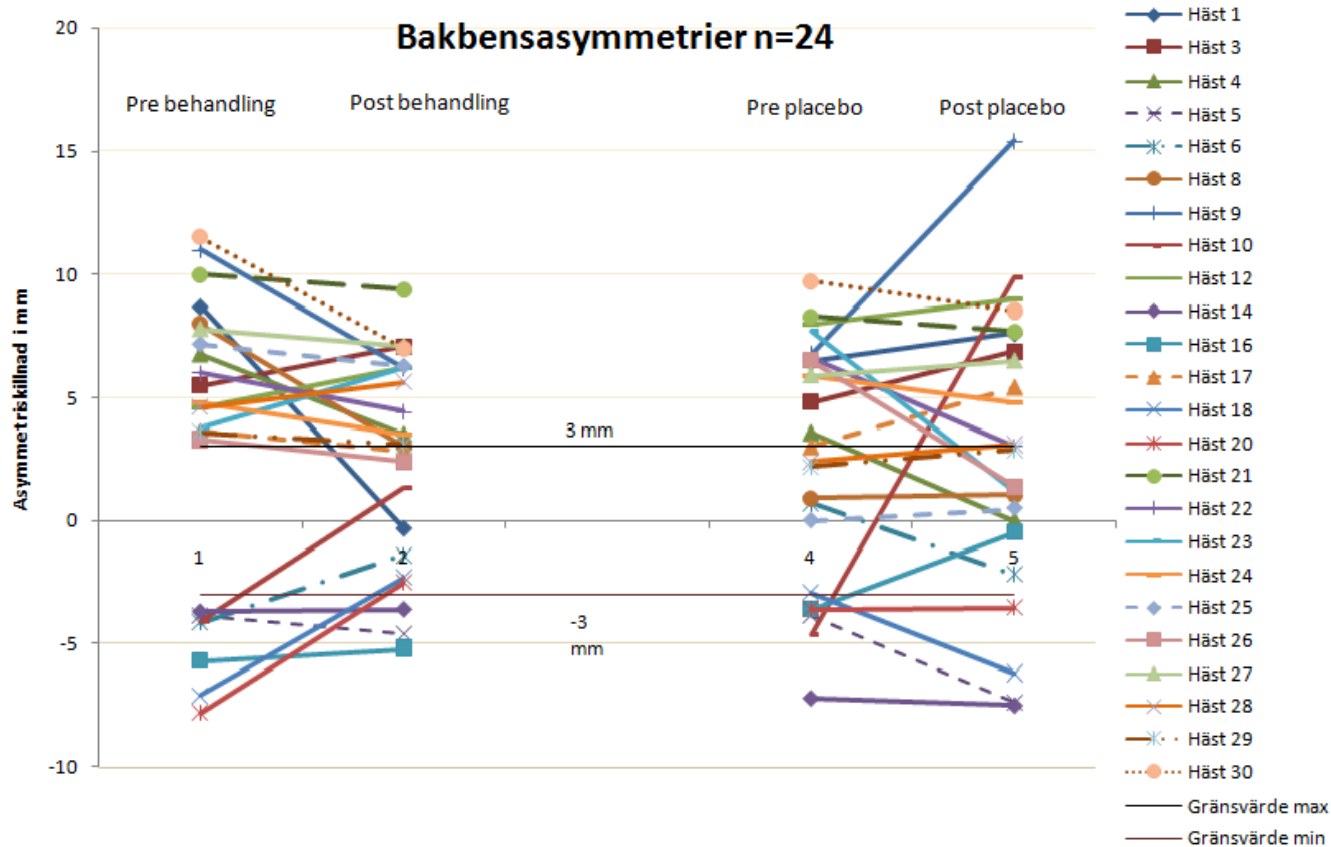
Tabell 5. Förbättring efter behandling hos de kontralateralt halta hästarna, n=7. Andel förbättrade hästar inom respektive grupp anges i %

Minskning av asymmetri, kontralateralt	Antal	Andel %
Fram	1	6,25
Bak	1	6,25
Fram och bak	3	18,75
Ingen förbättring	2	12,5

Alla hästar uppvisade relativt varierande grad av asymmetrier vid de olika mättillfällena.



Figur 2.



Figur 3.

I figur 2 och 3 ses hur hästarnas värden förändrade sig över tid för fram- respektive bakben.

Frambensasymmetrierna uppvisar ett högre medelvärde för skillnad mellan de olika sidornas ben än vad bakbenen uppvisar, frambenen är därmed i genomsnitt mer höggradigt asymmetriska. Bakbenens lägsta medelvärde för asymmetri ses efter behandling med meloxicam, medan frambenen istället uppvisar det högsta medelvärdet vid denna behandlingsomgång. Behandlingsresultatet med en minskning av asymmetri för bakbenen efter behandling är signifikant med ett P-värde på 0,003. Statistiken för fram- respektive bakbensasymmetrierna ses i tabell 6.

Tabell 6. Medelvärde, median, standardavvikelse, högsta respektive lägsta värdet samt P-värdet för hästarnas fram- respektiven bakbensasymmetrier

	Frambensasymmetrier (n=22)			
	Pre behandling	Post behandling	Pre placebo	Post placebo
Medelvärde	10,1	11,3	11,2	9,6
Median	8,5	10,7	10,8	8,7
SD	3,7	7,34	5,9	6,14
Maxvärde (mm)	19,4	30,8	26,8	24,4
Minvärde (mm)	6,1	1,6	3,1	1,5
P-värde		0,29		0,17

	Bakbensasymmetrier (n=24)			
	Pre behandling	Post behandling	Pre placebo	Post placebo
Medelvärde	6,1	4,3	4,8	4,7
Median	5,6	4	4,7	4,2
SD	2,45	2,38	2,65	3,75
Maxvärde (mm)	11,5	9,4	9,7	15,4
Minvärde (mm)	3,3	0	0	0
P-värde		0,003		0,88

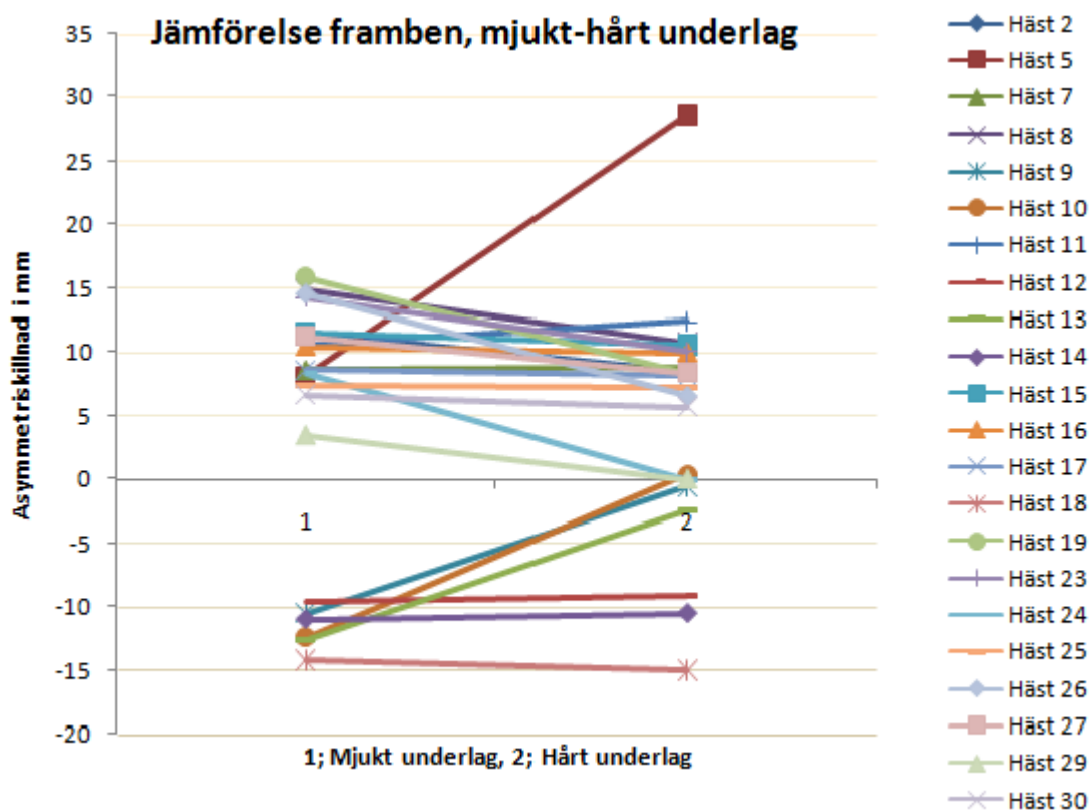
Skillnad mellan mjukt och hårt underlag

Både fram- och bakbensasymmetrier fick ett högre medelvärde på mjukt än på hårt underlag när alla hästarna inkluderades, även om det fanns individer med ett högre värde på hårt underlag. Skillnaden mellan underlagen var inte statistiskt signifikant.

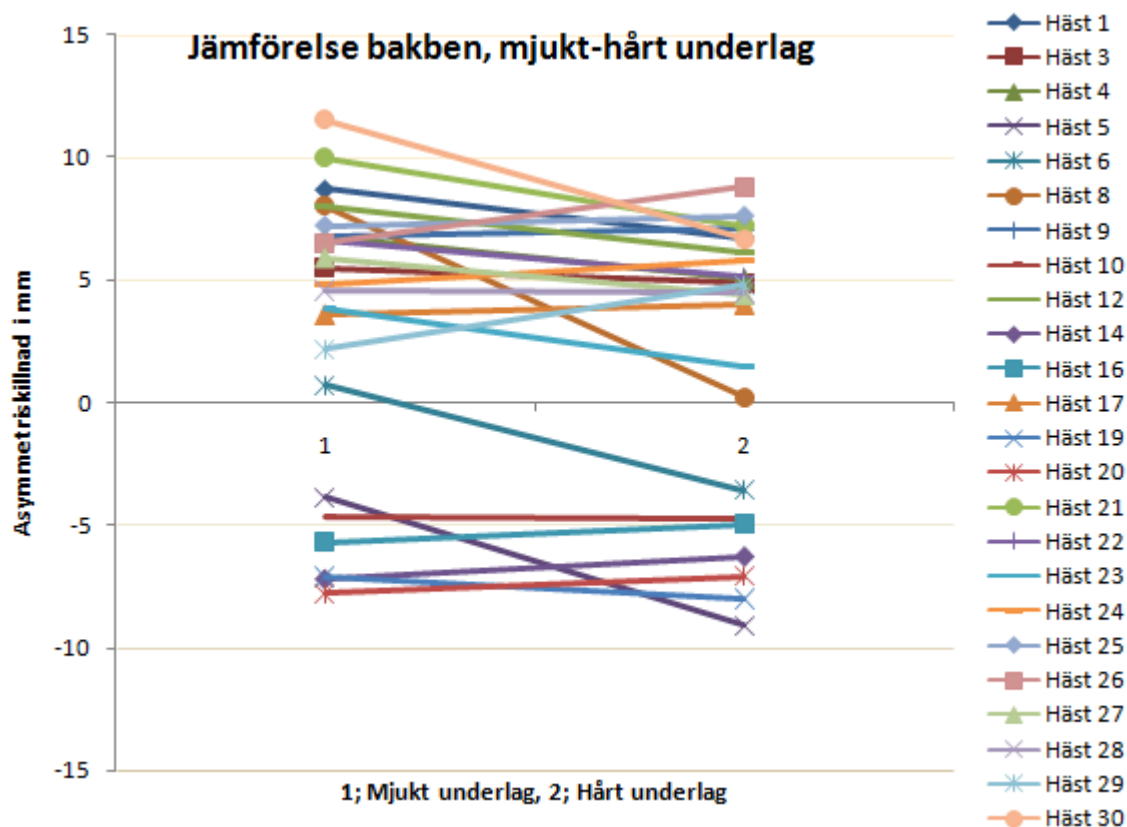
Tabell 7. Medelvärde, median, standardavvikelse, högsta respektive lägsta värdet samt P-värdet vid 0-mätningen på mjukt respektive hårt underlag för frambens- och bakbensasymmetrierna

	Frambensasymmetriska (n=22)	
	Mjukt underlag	Hårt underlag
Medelvärde	10,8	8,3
Median	10,8	8,5
SD	3,05	6,21
Maxvärde (mm)	15,9	28,6
Minvärde (mm)	0	0
P-värde		0,09

	Bakbensasymmetriska (n=24)	
	Mjukt underlag	Hårt underlag
Medelvärde	6,3	5,6
Median	6,6	5,5
SD	1,89	2,12
Maxvärde (mm)	11,5	9,1
Minvärde (mm)	2,2	0,2
P-värde		0,17



Figur 4.



Figur 5.

Hästarnas värden från första mättillfället på hårt respektive mjukt underlag kan ses i figur 4 och 5.

DISKUSSION

Asymmetriförekomst inom normalpopulationen

Enligt vår studie uppvisar 72,4% av de hästar som undersökts, och som av sina ägare anses fullt fungerande inom träning och tävling, asymmetrier över gränsvärdet enligt det objektiva mätsystemet Lameness Locator. Detta är en stor majoritet av normalhästuppopulationen och stämmer överens med resultatet från flertalet tidigare studier (Haffling, 2012; Lundgren, 2014; Pfau *et al.*, 2014). En viss selektionsbias kan tänkas förekomma då alla hästägare från vissa stall inte var intresserade av att delta i studien trots att deras häst varit en lämplig kandidat. Risken finns därmed att vissa hästägare deltagit just på grund av att de misstänker att deras häst är asymmetrisk vilket kan ha gett ett falskt högt resultat. För att försöka undvika detta var tanken att samtliga hästar som uppfyllde inklusionskriterierna i alla stall skulle mätas, men då djurägaren måste välja att gå med i studien blev detta tyvärr inte praktiskt möjligt.

Dessa asymmetrier är av samma storleksordning som många låggradiga asymmetrier som utreds på klinik. Att vissa hästar med asymmetrier av denna storleksordning anses fungera väl och andra inte kan bero på huruvida asymmetrin är smärtutlöst eller ej, grad av smärta och individuella variationer i att hantera denna, samt vilka krav som ställs på hästen och vad ägare/ryttare och tränare anser vara god prestation. Nedsatt prestation antas ofta bero bero på ortopedisk smärta, men det skulle också kunna bero på ett annat sjukdomstillstånd, för högt

ställda krav på hästen eller ryttarens bristande förmåga. Det kan också diskuteras huruvida gränsvärdet är för lågt för denna objektiva mätmetod med avseende på den stora andelen hästar med asymmetrier över gränsvärdet. Fler studier på privatägda hästar som anses friska av sina ägare, men som kanske också efter noggrann genomgång av veterinär antas vara smärtfria hade varit av intresse för att få fram mer pålitliga normaldata avseende gränsvärdet.

Djurägare som söker veterinär hjälp när hästarna endast uppvisar låggradiga asymmetrier, gör det ofta för att hästen ej presterar som den ska. Detta blir ett dilemma för hästveterinärer då utredningar och bedövningar av hästar med alltför låggradiga asymmetrier ger en stor risk för feldiagnosticering. Låggradiga hältor är vid subjektiv bedömning svåra att bedöma (Keegan *et al.*, 2010; McCracken *et al.*, 2012) och vid bedömning efter bedövning av låggradiga hältor ökar risken för falskt positivt svar (Arkell *et al.*, 2006). Den vanligaste diagnosen hos fullförsäkrade hästar i Sverige är kotledsinflammation, tätt följt av hälsa av okänt ursprung samt inflammationer i flera leder (Penell *et al.*, 2005). Ledinflammationer behandlas oftast med olika typer av antiinflammatoriska läkemedel såsom glukokortikoider eller NSAIDs (Läkemedelsverket 2010). Med tanke på svårigheten att bedöma låggradiga hältor finns en möjlighet att många behandlingar sker i onödan på en osäker diagnos. En risk är då att hästen ej förbättras avseende sin prestation, med ett eventuellt nedsatt förtroende för veterinärkåren från djurägarens sida som följd.

Resultat av behandling med meloxicam

De hästar som var bakbensasymmetriska på mjukt underlag på rakt spår erhöll en signifikant minskning av sina asymmetrivärden vid smärtlindrande behandling med NSAID-substansen meloxicam. Frambensasymmetrierna förbättrades inte vid samma behandling, utan hade istället det högsta medelvärdet för asymmetrierna just efter behandlingen, dock inte statistiskt signifikant. På individnivå ses att 10 av de 22 frambensasymmetriska hästarna blir mindre asymmetriska efter behandling, en viss effekt kan därmed ändå ses hos nästan 50% av hästarna. Bakbensasymmetrierna hos hästarna deltagande i denna studie förefaller därmed övervägande vara smärtutlösta med en inflammatorisk bakgrund, medan frambensasymmetrierna till en större andel verkar ha en annan etiologi, se diskussion nedan.

Smärta som asymmetriorsak

Meloxicam fungerar analgetiskt i huvudsak vid inflammatoriska tillstånd. Andra smärtlindrande effekter av NSAIDs än den perifera inflammationshämningen har diskuterats (Lees *et al.*, 1991). Perifer inflammation uppreglerar även på ryggmärgsnivå framför allt COX-2 receptorer, och det har visats att NSAIDs, innefattande meloxicam, till viss del kan hämma den centrala hyperalgesi som då uppstår (Malmberg & Yaksh, 1992; Southall *et al.*, 1998; Samad *et al.*, 2001; Ibuki *et al.*, 2003). Malmberg & Yaksh (1992) såg i sin studie att administrering av NSAIDs direkt i ryggmärgen gav >500 gånger mer smärtlindring än vid giva av samma preparat som generell behandling, vilket tyder på att denna centrala effekt kan ha en betydande roll för analgesin som utövas av NSAIDs. Det innebär dock att preparatet i fråga måste kunna ta sig över blod-hjärnbarriären (BHB) för att effektiv analgesi ska uppnås

vid inflammation (Samad *et al.*, 2001). Novakova *et al.* (2014) utförde en in vitro-studie där man använde sig av råttceller för undersökning av transport över BHB för sex olika NSAIDs. Alla kunde passera BHB och meloxicam hamnade i mitten av dessa i fråga om effektivitet avseende passagen. Detta sammantaget gör att det förefaller troligt att meloxicams smärtlindrande effekt till åtminstone viss del är central, men att denna effekt fortfarande består i hämning av PG (Malmberg & Yaksh, 1992; Southall, 1998).

I farmakokinetiska studier av meloxicam har man sett att steady state och smärtlindrande effekt mot inflammatorisk smärta uppnås redan vid första behandlingstillfället och vid noggrann medicinering kommer detta upprätthållas under hela behandlingsperioden. Meloxicam har i det närmaste 100% biotillgänglighet som inte påverkas av när hästen senast åt, den per orala beredningsformen kan därmed anses vara likvärdig med intravenös behandling förutsatt att hästen medicineras korrekt (Toutain *et al.*, 2004). Meloxicam ansamlas i inflammatoriskt exsudat och har ett långsammare clearance från inflammatoriska locus än från plasma (Lees *et al.*, 1991). Det är även visat att NSAIDs kan ha en effekt vid platsen för inflammation trots plasmakoncentrationer under terapeutisk nivå (Drevemo *et al.*, 1993; Valverde & Gunkel, 2005). Vid mättillfället på dag fyra efter behandling med meloxicam administrerades hästarna sin meloxicamgiva 1-3 timmar före mätning och 2-4 timmar före blodprovstagning. En peak i plasmakoncentrationen kan ses två timmar efter giva (Toutain *et al.*, 2004) och i effekt-studier noteras maximal smärtlindrande effekt efter sex timmar (Toutain & Cester, 2004; de Grauw *et al.*, 2009b), varför detta tidsintervall då valdes. Dock bör läkemedlet efter fyra dagars noggrann behandling ha en smärtlindrande effekt vid inflammatoriska tillstånd oavsett när under dygnet man väljer att mäta hästarna.

Hästarna förutsätts därmed vid mättillfället efter behandling med meloxicam ha varit maximalt inflammatoriskt smärtlindrade, perifert likväl som till viss del på central nivå. Möjliga felkällor till otillräcklig smärtlindring hos vissa individer kan vara att hästarnas vikt underskattats, att hästen i undantagsfall ej svalt tillräcklig mängd meloxicam eller en individuell variation i svaret på smärtlindring. Om detta varit fallet hos någon häst kan resultatet vara något missvisande, då den/de hästen/hästarna trots en inflammatoriskt orsakad smärta fått en utebliven asymmetriminskning. För att minska dessa felkällor hade det varit mer optimalt om alla hästar kunnat vägas samt att samma person behandlat alla hästar, vilket tyvärr blev praktiskt omöjligt att genomföra.

Ytterligare något att ta i beaktning är att de studier som nämns ovan avseende in vivo-effekt av meloxicam är genomförda på inducerade, akuta inflammationer. Dessa försök blir enklare att standardisera än kliniska fall med kroniska inflammationer och effekten av meloxicam på kroniska inflammationers tillstånd blir därmed svårare att uttala sig om. Det finns dock studier genomförda avseende NSAIDs effekt på kroniskt halta hästar. Både Back *et al.* (2009) och Keegan *et al.* (2008) behandlade kroniskt, inflammatoriskt halta hästar med firocoxib och fenylbutazon eller fenylbutazon och flunixin och båda såg till viss del signifikant minskning av håltgrad hos hästarna. Dock var kroniciteten för hästarnas problem ej definierad i studien av Back *et al.* (2009) och förbättring sågs även hos kontrollhästarna, vilket tyder på att vila och kontrollerad motion också är en viktig del i behandlingen. Hästarna ingående i dessa studier var diagnosticerade med osteoartrit efter klinisk undersökning, röntgen och i vissa fall nervblockader vilket gör att sannolikheten att hästarna svarar på behandling med NSAIDs

ökar. Studien utförd av Keegan *et al.* (2008) visade dock ingen signifikant förbättring vid behandling med endast fenylbutazon och inte heller någon signifikant förbättring hos de frambenshalta hästarna oavsett behandlingsregim.

För att en kronisk smärta ska kunna minska vid behandlingen med meloxicam krävs det att det fortfarande finns en inflammatorisk PG-komponent med i bilden. Kronisk smärta kan associeras med förändringar i hur sensorisk information processas på ryggmärgsnivå (Reed *et al.*, 2010), vilket då ger en neurogen smärta som inte kommer att svara på behandling med NSAID (Love, 2009). Den exakta mekanismen för neuropatisk smärta hos hästar är liksom på humansidan till stor del dolt i mörker. Hos hästar är vissa tillstånd som fång, proximal gaffelbandsskada på bakbenen och head-shaking föreslagna att kunna ha en neurogen smärtkomponent (Jones *et al.*, 2007; Tóth *et al.*, 2008; Readford *et al.*, 2013). På humansidan är det visat att i samband med överansträngning och skador på senor och ligament så sker en ökad kärlinväxt, neovaskularisering, och att denna neovaskularisering har en viss grad av sammankoppling med upplevelse av smärta från det drabbade området (Gisslén & Alfredson, 2005). Bjur *et al.* (2005) har visat att sensoriska nerver kan växa in tillsammans med dessa kärl, vilket skulle kunna förklara smärtupplevelsen från en annars dåligt nervförsedd struktur (Bjur *et al.*, 2005). Även hästar med kronisk tendinit får en neovaskularisering (Boesen *et al.*, 2007; Blunden *et al.*, 2009) varför det förefaller möjligt att kroniska skador även i hästars senor och ligament skulle kunna ge upphov till neuropatisk smärta. Kroniska tendinit har visats sakna inflammatoriska komponenter såsom PG (Alfredson & Lorentzon, 2002) och leukocyter, till en övervägande del eller helt och hållet, (Tóth *et al.*, 2008; Blunden *et al.*, 2009) vilket skulle förklara varför dessa tillstånd inte svarar på behandling med antiinflammatoriska läkemedel.

I studieresultatet presenterat här sågs framför allt en bristande effekt av NSAID-behandlingen för frambensasymmetrierna, vilket stämmer överens med resultatet från Keegan *et al.* (2008). Hästar belastar sina framben till en högre grad än bakbenen (Weishaupt *et al.*, 2004), något som blir än mer framträdande då en ryttare sitter upp och hästen ska utföra ett arbete (Ross & Dyson, 2011). Detta ger ett ökat slitage på leder, senor och ligament i frambenen, vilket med tiden skulle kunna orsaka kroniska förändringar i dessa delar av benet. För att ett kroniskt lidande ska smärtlindras med NSAID har det beskrivits att långvarig behandling krävs (Sanchez & Robertson, 2014), vilket skulle kunna förklara varför denna studies behandling över fyra dagar inte varit tillräcklig i vissa fall. Det hade också varit intressant att undersöka huruvida dessa frambensasymmetrier hade gått att släcka med nervblockader, eller minska med behandling av analgetiska läkemedel mot neuropatisk smärta så som gabapentin eller ketamin (Readford *et al.*, 2013; Sanchez & Robertson, 2014). Om så varit fallet hade förekomst av neurogen smärta kunnat styrkas. Detta eventuella samband betyder också att de vanligaste behandlingsformerna för ortopediska lidanden, d.v.s. NSAIDs och glukokortikoider, inte heller kommer ha effekt hos en del ortopediska patienter. Analgetiska läkemedel mot neurogen smärta bör i så fall användas i högre utsträckning. Avseende neovaskularisering i senor med kronisk tendinit så används injektioner med sklerotiserande medel med viss framgång på humansidan där patienterna upplever en minskad smärta och får ett bättre utseende på senan (Alfredson & Öhberg, 2005). Även på hästar har denna behandlingsform använts i försök utan att biverkningar setts, dock saknas långtidsuppföljning.

Det skulle kunna vara en framtida behandlingsform för neuropatisk smärta vid kronisk tendinit, men försök med långtidsuppföljningar krävs för att bekräfta god klinisk effekt även hos hästar (Boesen *et al.*, 2007).

Graden av eventuell smärta från rörelseapparaten kan också påverkas på central nivå. Hur smärtsamt ett stimuli upplevs är individuellt och beror till viss del även på annan stimulans än det smärtsamma. Dessa andra intryck kan delvis hämma smärtupplevelsen, något som kallas för smärtmodulering (Sjaastad *et al.*, 2003). En häst som är stressad, rädd eller hamnar i en ny miljö/situation kan därmed få en minskad smärtupplevelse, och denna effekt kan ha påverkat rörelsemätningarna med lägre mätvärden vid specifika tillfällen som följd. Smärtminne är när förväntan om att något ska vara smärtsamt ger en högre grad av smärtupplevelse, detta då hjärnan inte bara mottar smärtsignaler utan även till viss del modulerar dem innan perception sker. Detta är visat på människor, men kan troligtvis också appliceras på djur (Sjaastad *et al.*, 2003). Därmed skulle en inflammatorisk smärta som funnits under lång tid hos hästen kunna minska med hjälp av meloxicambehandlingen, men rörelsestörningen kan ändå finnas kvar, till följd av förväntan om att benisättningen ska göra ont.

En typ av kortvariga smärtimpulser kan också vara bidragande till de asymmetrier som ses. Mekanoreceptorer i hästens muskler, senor och leder aktiveras av en mängd stimuli, bl.a. uttänjning av senor och ligament, liksom av hur lederna positioneras, och är viktiga för hästens propriocpetion. Beroende på hur mycket dessa receptorer aktiveras kommer hästen att få en upplevelse av hur rörelsen ska ändras för att undvika överbelastning. Blir stimuli tillräckligt starkt kommer till slut även nociceptorer att aktiveras och hästen får en smärtupplevelse samt en reflexiv rörelseändring för att skydda sig mot det smärtsamma stimuli (Sjaastad *et al.*, 2003). Det skulle kunna vara så att denna mekanism överaktiveras till en högre grad i frambenen p.g.a. den större belastningen som föreligger på dessa extremiteter. Det troligaste är att extrem stimulans av dessa receptorer kommer ske i en större utsträckning på hårt underlag och på volt, då de nedre ledernas stödjevävnad där kommer tänjas mer till följd av hur hovarna träffar marken. Till viss del kan det säkert även ske på mjukt underlag och rakt spår, framför allt beroende på underlagets jämnhet och beroende på hur ansträngda hästens leder, ligament och senor är.

Mekaniska asymmetriersaker

Hos de hästar som är både fram- och bakbensasymmetriska skulle en del asymmetrier kunna vara kompensatoriska och därmed inte smärtutlösta. En ipsilateral hälta har till största delen en bakbenshälta som grundorsak (Clayton, 1987; May & Wyn-Jones, 1987; Buchner *et al.*, 1996b; Keegan *et al.*, 2007; Rhodin *et al.*, 2013) medan en kontralateral hälta i majoritet beror på en initial frambenshälta (Keegan *et al.*, 2007). Dessa kompensatoriska asymmetrier kommer då inte i sig svara på behandling med meloxicam, utan minskar om grundasymmetrin minskar. Resultaten i den här studien kan därmed till viss del vara både falskt negativa och falskt positiva. Falskt positiva om det skulle vara så att en asymmetri för ett ben egentligen bara minskar till följd av att grundasymmetrin minskat, och falskt negativa av två anledningar: 1) hästarna kan ha förefallit ha fler asymmetrier än vad som egentligen var fallet, 2) om grundasymmetrin ej minskat efter behandling så kommer även den kompensatoriska

asymmetrin att kvarstå i samma storleksordning. Ännu ett scenario skulle kunna vara att en sekundär hälta utvecklas i ett annat ben än det initialt halta till följd av avvikande rörelsemönster och överbelastning (Keegan, 2007; Ross & Dyson, 2011). I det fallet skulle det istället kunna vara så att den sekundära hältans inflammation svarar på behandling med meloxicam till skillnad från grundhältan, beroende på durationen av de olika tillstånden.

Avseende ipsi- och kontralaterala hältor hos de 16 fram- och bakbenshalta hästar ingående i resultatet här, ses ipsilaterala hältor som något vanligare (56,25%) och att både ipsi- och kontralaterala hältorna till största delen förbättras för både fram- och bakben vid behandling med meloxicam. Då vi inte lagt några bedövningar på dessa hästar går det inte att uttala sig om hur stor andel av hästarna som faktiskt har en kompensatorisk mekanism som orsak till sin ipsi- eller kontralaterala hälta. Det hade varit intressant att hältutreda och bedöva hästarna, men skulle ha inneburit ett för stort arbete att genomföra inom ramen för detta examensarbete. Vi kan därmed inte heller säga hur ev. ipsi- och kontralaterala hältor påverkar resultatet av studien, en svaghet att ta i beaktning. Dock ses att 56,25% av hästarna med både fram- och bakbenshalta vid behandling med meloxicam förbättrades antingen både fram och bak eller inte blev bättre alls, vilket skulle kunna tyda på att åtminstone en del av hästarna faktiskt har kompensatoriska asymmetrier.

Det finns också andra typer av mekaniska rörelsestörningar som inte behöver vara smärtorsakade, till exempel tuppspatt, shivering, patellaupphakning och fibrotisk myopati. En häst med känd tuppspatt ingick i studien, denna häst hade dock i trav en lindrig asymmetri på det kontralaterala bakbenet som svarade på behandling med meloxicam. Detta skulle kunna tyda på att asymmetrin som mättes i trav var helt orelaterad till den mekaniska rörelsestörningen som sågs i skritt. En annan möjligt mekanism till en mekanisk rörelseasymmetri är om en tidigare skada gett kroniska förändringar i leder, senor och ligament med försämrad rörlighet i delar av den/de drabbade extremiterna (Ross & Dyson, 2011). Om förändringarna är lindriga borde de kunna ge ett något ändrat rörelsemönster utan att smärta för den skull föreligger. Hovkonformation och när hästen senast skoddes skulle också kunna ge avvikelser i hästens rörelser och kan vara en anledning till de relativt variabla mätresultat som ses mellan de olika måttillfällena, trots kort intervall mellan första och sista mätningen. Wilson *et al.* (2014) har sett en korrelation mellan korta och trånga hovar och asymmetriska rörelser, dock är det också visat att halta på ett ben ger en mindre och mer upprätt hov till följd av avlastning (Clayton, 1986), och frågan är då vad som är orsak och verkan. Ett skoningsintervall på åtta veckor ska normalt sett inte påverka hästens rörelser då kotleden kan kompensera för de vinkeländringar som sker i hoven (van Heel *et al.*, 2006). Den absoluta majoriteten av hästarna ingående i studien hade skoningsintervall kortare än så, en häst hade dock skoningsintervall på 8-12 veckor. Möjligheten finns också att omständigheter vid något tillfälle gjort att skoningsintervallet överskridits, detta längre intervall kan då ha gett högre grad av asymmetri vid något måttillfälle. Lateralitet, eller preferens att använda sig av någon sida, har beskrivits hos hästar (Drevemo *et al.*, 1987; Murphy *et al.*, 2004). Drevemo *et al.* (1987) såg att unga hästar redan vid sex månaders ålder uppvisade skillnad i steglängd för höger och vänster sida, något som ökade med träning. En ojämn steglängd ses också hos halta hästar (Clayton, 1986; Buchner *et al.*, 1995; Buchner *et*

al., 1996a), därmed skulle en naturligt förekommande oliksidighet kunna vara bidragande till en del av de asymmetrier som upptäcks med Lameness Locator.

Det variabla resultatet som ses hos hästarna mellan olika mätomgångar kan också bero på omgivningsfaktorer. Hur hästen tränats, vad den har gjort i hagen och liknande är förhållanden som är svåra att standardisera i ett försök ute i fält.

Jämförelser mellan hårt och mjukt underlag

Olika typer av underlag kan också förändra hästens rörelsemönster (Barrey *et al.*, 1991; Weishaupt *et al.*, 2004; Chateau *et al.*, 2013; Pfau *et al.*, 2014). I denna studie har jämförelse mellan mjukt och hårt underlag på rakt spår utifrån nollmätningens högsta asymmetrivärden på mjukt underlag utförts. Detta visar att medelvärdet för asymmetri är högre på det mjuka underlaget för både fram- och bakben, dock ej på någon signifikant nivå. Andra studier har istället visat att steglängden förkortas och att peakbelastning ses som högre på det hårda underlaget, vilket skulle kunna förklara varför lindriga hältor ofta förstärks på hårt underlag (Barrey *et al.*, 1991; Weishaupt *et al.*, 2004; Chateau *et al.*, 2013).

Olika etiologier till en hälta kan också göra att graden av asymmetri förstärks på olika typer av underlag (Ross & Dyson, 2011). Hästarna som inkluderades i detta studieresultat valdes ut utifrån vilka asymmetrivärden som var högst på det mjuka underlaget, det är därmed troligt att resultatet blivit annorlunda om de värden som varit högst på hårt underlag legat till grund för jämförelsen. Resultatet presenterat här representerar troligtvis till viss del asymmetrier som förvärras av mjukt underlag, något som potentiellt kunnat förändras till följd av ett annat urval.

Mätningarna på hårt underlag genomfördes utomhus på stallplanen där hästarna normalt sett aldrig travar eller longeras. Stress relaterad till den nya situationen och omgivningsfaktorer som att hästar busade i hagarna intill eller att traktorer körde förbi kan ha gett hästarna ett adrenalinpåslag med lägre känslighet för smärtsignaler som följd. Alla mätningar på mjukt underlag genomfördes inomhus där hästarna var vana att tränas och där omgivningsfaktorerna till stor del försvann. Underlaget utomhus blev dessutom något mer variabelt till följd av regn och liknande, och det blir därmed svårare att uttala sig om resultatet på detta underlag.

Att hästar som i övrigt anses symmetriska blir asymmetriska på hårt underlag skulle kunna förklaras med hjälp av de mekanoreceptorer som beskrivits tidigare i diskussionen. Om hoven träffar marken snett kommer den i ett hårdare underlag inte kunna sjunka ned och därmed kommer en ordentlig töjning av ligament och senor samt kompression av ena sidan av de distala lederna att ske, med kraftig aktivering av mekanoreceptorerna. Blir stimulit tillräckligt stort kommer nociceptorer också att aktiveras med reflexmekanismer för att skydda benet från överbelastning vilket kommer att resultera i ett avvikande rörelsemönster (Sjaastad *et al.*, 2003). Studieresultatet presenterat här visar inte på ökad asymmetri på hårt underlag. Det hårda underlaget var dock väldigt jämnt, och då jag endast studerat hästarna på det raka spåret är det troligt att provokationen av mekanoreceptorerna här varit väldigt lindrig och inte gett någon smärteaktion i högre utsträckning.

KONKLUSION

Resultatet presenterat här visar på en hög förekomst av låggradiga asymmetrier hos en ridhästupulation som ryttaren anser väl fungerande i träning och tävling. Resultaten från individuella hästars mätningar har varit variabla trots relativt kort intervall mellan de olika mättillfällena, vilket indikerar med vilken försiktighet veterinärer bör uttala sig om hästens status annat än för dagens undersökning, vid t.ex. besiktningar och bedömning av låggradiga asymmetrier.

Bakbensasymmetriska hästar har signifikant förbättrats av meloxicam vilket tyder på att dessa asymmetrier i hög grad är inflammatoriskt smärtorsakade. Frambenens asymmetrier minskade ej signifikant vid behandling med meloxicam. Detta tyder på en lägre förekomst av inflammatoriskt orsakad smärta i frambenen, rörelseasymmetrierna kan då istället ha en neurogen smärta eller icke smärtsam etiologi som orsak. Skulle frambensasymmetrierna i högre grad vara av neurogent ursprung än vad man tidigare trott skulle andra läkemedel än de antiinflammatoriska som idag vanligtvis används till ortopediska patienter kunna vara av värde för att ge ett bättre behandlingsresultat och en bättre välfärd för hästarna.

Noggrannare hältutredningar med bedövningar av valda strukturer på dessa asymmetriska hästar hade varit av stort intresse. På detta vis hade ett orsakssammanhang till de asymmetrier som ses i högre utsträckning kunnat anas, vilket kunnat ge riktlinjer för hur dessa låggradiga asymmetrier ska hanteras.

TACK

Camilla Ahrenbring, för hjälp och stöd i alla väder- utan dig hade det här aldrig gått!

Marie Rhodin, Agneta Egenvall och Karin Holm Forsström för handledning och hjälp

Min familj och min pojkvän Robin, för att ni alltid ställer upp och finns där för mig

Familjen Vesterberg, för hjälp med allt från hästpassning till Excel och Word

Alla hästägarna som ställt upp i vått och torrt och gjort studien möjlig att genomföra

REFERENSER

Alfredson, A. & Lorentzon, R. (2002). Chronic tendon pain: no signs of chemical inflammation but high concentrations of the neurotransmitter glutamate. Implications for treatment? *Current Drug Targets*, vol. 3, ss. 43-54.

Alfredson, H. & Öhberg, L. (2005). Sclerosing injections to areas of neo-vascularisation reduce pain in chronic Achilles tendinopathy: a double-blind randomised controlled trial. *Knee surgery, Sports traumatology, Arthroscopy*, vol. 13, ss. 338-344.

Anette Graf, föreläsning "Veterinär vid fälttävlan, hoppning, dressyr och körtävling" Veterinärkongressen 8 november 2013. Ej publicerat material.

- Arkell, M., Archer, R. M., Guitian, F. J. & May, S. A. (2006). Evidence of bias affecting the interpretation of the results of local anaesthetic nerve blocks when assessing lameness in horses. *The Veterinary Record*, vol. 159, ss. 346-349.
- Back, W., MacAllister, C.G., van Heel, M.C.V., Pollmeier, M. & Hanson, P.D. (2009). The use of force plate measurements to titrate the dosage of a new COX-2 inhibitor in lame horses. *Equine Veterinary Journal*, vol. 41, ss. 309-312.
- Barrey, E., Landjerit, B. & Wolter, R. (1991). Shock and vibration during the hoof impact on different track surfaces. *Equine Exercise Physiology*, vol. 3, ss. 97-106.
- Barrey, E. (1999). Methods, applications and limitations of gait analysis in horses. *The Veterinary Journal*, vol. 157, ss. 7-22.
- Beiche, F., Brune, K., Geisslinger, G. & Goppelt-Struebe, M. (1998). Expression of cyclooxygenase isoforms in the rat spinal cord and their regulation during adjuvant-induced arthritis. *Inflammation research*, vol. 47, ss. 482-487.
- Beretta, C., Garavaglia, G. & Cavalli, M. (2005). COX-1 and COX-2 inhibition in horse blood by phenylbutazone, flunixin, carprofen and meloxicam: an in vitro analysis. *Pharmacological Research*, vol. 52, ss. 302-306.
- Bjur, D., Alfredson, H. & Forsgren, S. (2005). The innervation pattern of the human Achilles tendon: studies of the normal and tendinosis tendon with markers for general and sensory innervation. *Cell Tissue Research*, vol. 320, ss. 201-206.
- Blunden, A., Murray, R. & Dyson, S. (2009). Lesions of the deep digital flexor tendon in the digit: A correlative MRI and post mortem study in control and lame horses. *Equine Veterinary Journal*, vol. 41, ss. 25-33.
- Boesen, M.I., Nanni, S., Langberg, H., Boesen, M., Falk-Ronne, J., Bliddal, H. & Torp-Pedersen, S. (2007). Colour doppler ultrasonography and sclerosing therapy in diagnosis and treatment of tendinopathy in horses- a research model for human medicine. *Knee surgery, Sports traumatology, Arthroscopy*, vol. 15, ss. 935-939.
- Buchner, H.H.F., Savelberg, H.H.C.M., Schamhardt, H.C. & Barneveld, A. (1995). Temporal stride patterns in horses with experimentally induced fore- or hindlimb lameness. *Equine Veterinary Journal*, Supplement 18, ss. 161-165.
- Buchner, H.H., Savelberg, H.H., Schamhardt, H.C. & Barneveld, A. (1996a). Limb movement adaptations in horses with experimentally induced fore- or hindlimb lameness. *Equine Veterinary Journal*, vol. 28, ss. 63-70.
- Buchner, H.H., Savelberg, H.H., Schamhardt, H.C. & Barneveld, A. (1996b). Head and trunk movement adaptations in horses with experimentally induced fore- or hindlimb lameness. *Equine Veterinary Journal*, vol. 28(1), ss. 71-76.
- Chateau, H., Camus, M., Holden-Douilly, L., Falala, S., Ravary, B., Vergari, C., Lepley, J., Denoix, J-M., Pourcelot, P. & Crevier-Denoix, N. (2013). Kinetics of the forelimb in horses circling on different ground surfaces at the trot. *The Veterinary Journal*, vol. 198, ss. 20-26.
- Chen, M., Boilard, E., Nigrovic, P.A., Clark, P., Xu, D., Fitzgerald, G.A., Audoly, L.P. & Lee, D.M. (2008). Predominance of cyclooxygenase 1 over cyclooxygenase 2 in the generation of proinflammatory prostaglandins in autoantibody-driven K/BxN serum-transfer arthritis. *Arthritis & Rheumatism*, vol. 58, ss. 1354-1365.
- Clayton, H.M. (1986). Cinematographic analysis of the gait of lame horses IV: Degenerative joint disease of the distal intertarsal joint. *Equine Veterinary Science*, vol. 7, ss. 274-278.
- Clayton, H.M. (1987). Cinematographic analysis of the gait of lame horses II: Chronic sesamoiditis. *Equine Veterinary Science*, vol. 6, ss. 310-320.

- Church, E.E., Walker, A.M. & Pfau, T. (2009). Evaluation of discriminant analysis based on dorsoventral symmetry indices to quantify hindlimb lameness during over ground locomotion in the horse. *Equine Veterinary Journal*, vol. 41, ss. 304-308.
- de Grauw, J.C., van de Lest, H.A. & van Weeren, P.R. (2009a). Inflammatory mediators and cartilage biomarkers in synovial fluid after a single inflammatory insult: a longitudinal experimental study. *Arthritis Research & Therapy*, vol. 11, ss. 1-8.
- de Grauw, J.C., van de Lest, C.H., Brama, P.A., Rambags, B.P. & van Weeren, P.R. (2009b). In vivo effects of meloxicam on inflammatory mediators, MMP activity and cartilage biomarkers in equine joints with acute synovitis. *Equine Veterinary Journal*, vol. 41(7), ss. 693-699.
- Drevemo, S., Fredricson, I. & Hjertén, G. (1987). Early development of gait asymmetries in trotting Standardbred colts. *Equine Veterinary Journal*, vol. 19(3), ss. 189-191.
- Drevemo, S., Roepstorff, L., Kallings, P. & Johnston, C.J. (1993). Application of TrackEye in equine locomotion research. *Acta Anat (Basel)*, vol. 146(2-3), ss. 137-140.
- Egenvall, A., Penell, J.C. & Bonnett, B.N. (2006). Mortality of Swedish horses with complete life insurance between 1997 and 2000: variations with sex, age breed and diagnosis. *The Veterinary Record*, vol. 158, ss. 397-406.
- Equinosis (2014-06-12). *Equinosis Lameness Locator/Products/System components*.
<http://equinosis.com/system-components> [2014-10-16]
- Foreman, J.H., Barange, A., Lawrence, L.M. & Hungerford, L.L. (2008). Effects of single-dose intravenous phenylbutazone on experimentally induced, reversible lameness in the horse. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, vol. 31, ss. 39-44.
- Gisslén, K. & Alfredson, H. (2005). Neovascularisation and pain in jumper's knee: a prospective clinical and sonographic study in elite junior volleyball players. *British Journal of Sports Medicine*, vol. 39, ss. 423-428.
- Haffling, P. (2012). *Normalvariation av asymmetrier i trav hos svenska ridhästar*. Sveriges lantbruksuniversitet. Veterinärprogrammet (Examensarbete, 2012:2)
- Halling Thomsen, M., Jensen, A.T., Sørensen, H., Lindegaard, C. & Haubro Andersen, P. (2010). Symmetry indices based on accelerometric data in trotting horses. *Journal of Biomechanics*, vol. 43, ss. 2608-2612.
- Hartley Edwards, E. (2009). *Bonniers Stora Hästlexikon*. 3. ed. Singapore: Bonnier fakta.
- Hewetson, M., Christley, R.M., Hunt, I.D. & Voute, L.C. (2006). Investigations of the reliability of observational gait analysis for the assessment of lameness in horses. *The Veterinary Record*, vol. 158, ss.852-858.
- HästSverige (2013-10-16). *Hästen- en samhällsaktör att lita på*.
<http://www.hastsverige.se/hastenisamhallet.html> [2014-10-16]
- Ibuki, T., Matsumura, K., Yamazaki, Y., Nozaki, T., Tanaka, Y. & Kobayashi, S. (2003). Cyclooxygenase-2 is induced in the endothelial cells throughout the central nervous system during carrageenan-induced hind paw inflammation; its possible role in hyperalgesia. *Journal of Neurochemistry*, vol. 86, ss. 318-328.
- Jones, E., Viñuela-Fernandez, I., Eager, R.A., Delaney, A., Anderson, H., Patel, A., Robertson, D.C., Allchorne, A., Sirinathsinghji, A.C., Milne, E.M., MacIntyre, N., Shaw, D.J., Waran, N.K., Mayhew, J. & Fleetwood-Walker, S.M. (2007). Neuropathic changes in equine laminitis pain. *Pain*, vol. 132, ss. 321-331.
- Keegan, K.G., Yonezawa, Y., Pai, P.F., Wilson, D.A. & Kramer, J. (2004). Evaluation of a sensor-based system of motion analysis for detection and quantification of forelimb and hind limb lameness in horses. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 65(5), ss. 665-670.
- Keegan, K.G. (2007). Evidence-based lameness detection and quantification. *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice*, vol. 23, ss. 403-423.

- Keegan, K.G., Messer, N.T., Reed, S.K., Wilson, D.A. & Kramer, J. (2008). Effectiveness of administration of phenylbutazone alone or concurrent administration of phenylbutazone and flunixin meglumine to alleviate lameness in horses. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 69, ss. 167-173.
- Keegan, K. G., Dent, E. V., Wilson, D. A., Janicek, J., Kramer, J., Lacarrubba, A., Walsh, D. M., Cassells, M. W., Esther, T. M., Schiltz, P., Frees, K. E., Wilhite, C. L., Clark, J. M., Pollit, C. C., Shaw, R. & Norris, T. (2010). Repeatability of subjective evaluation of lameness in horses. *Equine Veterinary Journal*, vol. 42, ss. 92-97.
- Keegan, K.G., Kramer, J., Yonezawa, Y., Maki, H., Pai, P.F., Dent, E.V., Kellerman, T.E., Wilson, D.A. & Reed, S.K. (2011). Assessment of repeatability of a wireless, inertial sensor-based lameness evaluation system for horses. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 72(9), ss. 1156-1163.
- Keegan, K.G., Wilson, D.A., Kramer, J., Reed, S.K., Yonezawa, Y., Maki, H., Pai, F. & Lopes, M.A.F. (2013). *American Journal of Veterinary Research*, vol. 74, ss. 17-24.
- Khan, A.A., Brahim, J.S., Rowan, J.S. & Dionne, R.A. (2002). In vivo selectivity of a selective cyclooxygenase 2 inhibitor in the oral surgery model. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, vol. 72, ss. 44-49.
- Kramer, J., Keegan, K.G., Kelmer, G. & Wilson, D.A. (2004). Objective determination of pelvic movement during hind limb lameness by use of a signal decomposition method and pelvic height differences. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 65(6), ss. 741-747.
- Lees, P., Sedgewick, A.D., Higgins, A.J., Pugh, K.E. & Busch, U. (1991). Pharmacodynamics and pharmacokinetics of miloxicam in the horse. *British Veterinary Journal*, vol. 147, ss. 97-108
- Love, E.J. (2009). Assessment and management of pain in horses. *Equine Veterinary Education*, vol. 21, ss. 46-48.
- LRF konsult (2008). *Attityd- företagande med passion för hästen*. Skövde: LRF konsult [Broschyr]
- Lundgren, S. *Rörelseasymmetrier hos hästar i trav- en biologisk variation eller håla?* Sveriges lantbruksuniversitet. Veterinärprogrammet (Examensarbete 2014:62)
- Läkemedelsverket (2010). *Medicinsk ledbehandling vid aseptisk/traumatisk artrit hos häst - ny rekommendation*. Uppsala. Elanders Sverige AB. (Information från Läkemedelsverket supplement 1:2010).
- Malmberg, A.B. & Yaksh, T.L. (1992). Hyperalgesia mediated by spinal glutamate or substans P receptor blocked by spinal cyclooxygenase inhibition. *Science*, vol. 257, ss. 1276-1279.
- May, S. A. & Wyn-Jones, G. (1987). Identification of hindleg lameness. *Equine Veterinary Journal*, vol. 19, ss. 185-188.
- McCracken, M.J., Kramer, J., Keegan, K.G., Lopes, M., Wilson, D.A., Reed, S.K., LaCarrubba, A. & Rasch, M. (2012). Comparison of an inertial sensor system of lameness quantification with subjective lameness evaluation. *Equine Veterinary Journal*, vol. 44, ss. 652-656.
- McKinsey & Company (2012). *Snabbutredning av UDS marknadssituation*. Uppsala: Universitetsdjursjukhuset (Slutrapport).
- Murphy, J., Sutherland, A. & Arkins, S. (2005). Idiosyncratic motor laterality in the horse. *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 91, ss. 297-310.
- Muth-Selbach, U.S., Tegeder, I., Brune, K. & Geisslinger, G. (1999). Acetaminophen inhibits spinal prostaglandin E₂ release after peripheral noxious stimulation. *Anesthesiology*, vol. 91, ss. 231-239.
- Noble, G., Edwards, S., Lievaart, J., Pippia, J., Boston, R. & Raidal, S. L. 2012. Pharmacokinetics and Safety of Single and Multiple Oral Doses of Meloxicam in Adult Horses. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, vol. 26, ss. 1192-1201.

- Novakova, I., Subileau, E.-A., Toegel, S., Gruber, D., Lachmann, B., Urban, E., Chesne, C., Noe, C.R. & Neuhaus, W. Transport rankings of non-steroidal antiinflammatory drugs across blood-brain barrier in vitro models. *PLoS one*, vol. 9, ss. 1-14.
- Olsen, E., Pfau, T. & Ritz, C. (2013). Functional limits of agreement applied as a novel method comparison tool for accuracy and precision of inertial measurement unit derived displacement of the distal limb. *Journal of Biomechanics*, vol. 46, ss. 2320-2325.
- Peloso, J.G., Stick, J.A., Soutas-Little, R.W., Caron, J.C., DeCamp, C.E. & Leach, D.H. (1993). Computer-assisted three-dimensional gait analysis of amphotericin-induced carpal lameness in horses. *American Journal of Veterinary research*, vol. 54, ss.1535-1543.
- Penell, J.C., Egenvall, A., Bonnett, B.N., Olson, B. & Pringle, J. (2005). Specific causes of morbidity among Swedish horses insured for veterinary care between 1997 and 2000. *The Veterinary Record*, vol. 157, ss. 470-477.
- Pfau, T., Jennings, C., Mitchell, H., Olsen, E., Walker, A., Egenvall, A., Tröster, S., Weller, R. & Rhodin, M. (2014). Lungeing on hard and soft surfaces: movement symmetry of trotting horses considered sound by their owners. *Equine veterinary journal*, under tryckning.
- Rang, H.P., Dale, M.M., Ritter, J.M., Flower, R.J. & Henderson, G. (2012). *Rang and Dale's Pharmacology*. 7. ed. Spain: Elsevier.
- Readford, P.K., Lester, G.D. & Secombe, C.J. (2013). Temporohyoid osteoarthropathy in two young horses. *Australian Veterinarian Journal*, vol. 91, ss. 209-212.
- Reed, S.M., Bayly, W.M. & Sellon, D.C. (2010). *Equine Internal Medicine*. 3. ed. St. Louis: Saunders Elsevier
- Rhodin, M., Pfau, T., Roepstorff, L. & Egenvall, A. (2013). Effect of lungeing on head and pelvic movement asymmetry in horses with induced lameness. *The Veterinary Journal*, vol. 198, ss 39-45.
- Samad, T.A., Moore, K.A., Sapirstein, A., Billet, S., Allchorne, A., Poole, S., Bonventre, J.V. & Woolf, C.J. (2001). Interleukin-1 β -mediated induction of Cox-2 in the CNS contributes to inflammatory pain hypersensitivity. *Letters to Nature*, vol. 410, ss. 471-474.
- Sanchez, L.C. & Robertson, S.A. (2014). Pain control in horses: What do we really know? *Equine Veterinary Journal*, vol. 46, ss. 517-523.
- Sjaastad, Ö.V., Hove, K. & Sand, O. (2003). *Physiology of Domestic Animals*. Oslo: Scandinavian Veterinary Press.
- Smith, C.J., Zhang, Y., Koboldt, C.M., Muhammad, J., Zweifel, B.S., Shaffer, A., Talley, J.J., Masferrer, J.L., Seibert, K. & Isakson, P.C. (1998). Pharmacological analysis of cyclooxygenase-1 in inflammation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 95, ss. 13313-13318.
- Southall, M.D., Michael, R.L. & Vasko, M.R. (1998). Intrathecal NSAIDS attenuate inflammation-induced neuropeptide release from rat spinal cord slices. *Pain*, vol. 78, ss. 39-48.
- Starke, S.D., Raistrick, K.J., May, A. & Pfau, T. (2013). The effect of trotting speed on the evaluation of subtle lameness in horses. *The Veterinary Journal*, vol. 197, ss. 245-252.
- Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd om träning och tävling med djur (2010). Jönköping. (SJVFS 2010:45)
- Svensson, C.I. & Yaksh, T.L. (2002). The spinal phospholipase-cyclooxygenase-prostanoid cascade in nociceptive processing. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, vol. 45, ss. 553-583.
- Tóth, F., Schumacher, J., Schramme, M., Holder, T., Adair, S. & Donnell, R.L. (2008). Compressive damage to the deep branch of the lateral plantar nerve associated with lameness caused by proximal suspensory desmitis. *Veterinary Surgery*, vol. 37, ss. 328-335.

- Toutain, P-L. & Cester, C.C. (2004). Pharmacokinetic-pharmacodynamic relationships and dose response to meloxicam in horses with induced arthritis in the right carpal joint. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 65, ss. 1533-1541.
- Toutain, P-L., Reymond, N., Laroute, V., Garcia, P., Popot, M-A., Bonnaire, Y., Hirsch, A. & Narbe, R. (2004). Pharmacokinetics of meloxicam in plasma and urine of horses. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 65, ss. 1542-1547.
- Valverde, A. & Gunkel, C.I. (2005). Pain management in horses and farm animals. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, vol. 15, ss. 295-307.
- van Heel, M.C., van Weeren, R. & Back, W. (2006). Compensation for changes in hoof conformation between shoeing sessions through the adaptation of angular kinematics of the distal segments of the limbs of horses. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 67, ss. 1199-1203.
- Warner, T.D. & Mitchell, J.A. (2004). Cyclooxygenases: new forms, new inhibitors, and lessons from the clinic. *The FASEB Journal*, vol. 18, ss.790-804.
- Weishaupt, M.A., Wiestner, T., Hogg, H.P., Jordan, P. & Auer, J.A. (2003). Vertical ground reaction force-time histories of sound Warmblood horses trotting on a treadmill. *The Veterinary Journal*, vol. 168, ss. 304-311.
- Wilson, A., Agass, R., Vaux, S., Sherlock, E., Day, P., Pfau, T. & Weller, R. (2014). Foot placement of the equine forelimb: relationship between foot conformation, foot placement and movement asymmetry. *Equine Veterinary Journal*, under tryckning.
- Wolfcrow (2012-01-01). *Notes by Dr. Optoglass: Motion and the frame rate of the human eye*. <http://wolfcrow.com/blog/notes-by-dr-optoglass-motion-and-the-frame-rate-of-the-human-eye/> [2014-10-16]
- Xsens (2014-10-10). *MTw Development Kit Lite*. <https://www.xsens.com/products/mtw-development-kit-lite/> [2014-10-20]